FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1967

THÈSE

N° 967

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLÔME D'ÉTAT)

PAR

Alain, Christian, Marc REY
12 novembre 1937 à Thouars (Deux-Sèvres)
Interne des Hôpitaux de Paris

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE

CONTRIBUTION
A LA CHIRURGIE DES ARTERES CEREBRALES HUMAINES
ETUDE EXPERIMENTALE ET REVUE CRITIQUE.

Président : Monsieur Charles DUBOST, Professeur.

ÉDITIONS A.G.E.M.P. 40 RUE PASCAL PARIS

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1967

THÈSE

N°

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLÔME D'ÉTAT)

PAR

Alain, Christian, Marc REY
12 novembre 1937 à Thouars (Deux-Sèvres)
Interne des Hôpitaux de Paris

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE

CONTRIBUTION
A LA CHIRURGIE DES ARTERES CEREBRALES HUMAINES
ETUDE EXPERIMENTALE ET REVUE CRITIQUE.

Président : Monsieur Charles DUBOST, Professeur.

ÉDITIONS A.G.E.M.P. 40 RUE PASCAL PARIS

15/1/1967

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. Alajouanine (T.), Bénard (H.), Bernard (E.), Binet (L.), Bulliard (H.), Cathala (J.), Chabrol (E.), Chailley-Bert (P.), Cheymol (J.), Debré (R.), Fey (B.), Galliard (H.), Gaudart d'Allaines (F. de), Gennes (L. de), Giroud (A.), Hazard (R.), Heuyer (G.), Laroche (G.), Lavier (G.), Lelong (M.), Lévy (Mlle J.), Lévy-Solal (E.), Lian (C.), Marchal (G.), Mathieu (P.), Monod (R.), Moreau (R.), Moulonguet (P.), Pasteur Vallery-Radot, Petit-Dutaillis (D.), Piédelièvre (R.), Quénu (J.), Renard (G.), Senèque (J.), Strohl (A.), Tanon (L.), Verne (J.).

DOYEN . . . . . Georges BROUET.

1er ASSESSEUR . . . . . Daniel BARGETON

2e ASSESSEUR . . . . . Jean GOSSET

I. — PROFESSEURS

1° CHAIRES DE SCIENCES FONDAMENTALES

a) Professeurs titulaires :

	MM.
Anatomie	DELMAS (A.)
—	HUARD (P.)
Anatomie et cytologie pathologiques	DELARUE (J.)
Anesthésiologie	VOURC'H (G.)
Bactériologie et virologie	TOURNIER (P.)
Biochimie médicale	JAYLE (M.-F.)
—	POLONOVSKI (J.)
—	DESGREZ (P.)
Biologie appliquée à l'Education physique et aux Sports	MALMEJAC (J.)
Biologie médicale	FAUVERT (R.)
Biophysique médicale	BUGNARD (L.)
—	DOGNON (A.)
—	DJOURNO (A.)
Cancérologie expérimentale	MATHÉ (G.)
Chimie pathologique	SCHAPIRA (G.)
Génétique fondamentale	LEJEUNE (J.)
Histoire de la médecine et de la chirurgie	COURY (Ch.)
Histologie et Embryologie	TUCHMANN-DUPLESSIS (H.)
— —	COUJARD (R.)
Hygiène et médecine préventive	BOYER (J.)
Médecine du Travail	DESOILLE (H.)
Médecine légale, Droit médical et déontologie	DEROBERT (L.)
Microbiologie (Bactériologie et virologie)	FASQUELLE (R.)
Parasitologie	N...
Pathologie chirurgicale	LAURENCE (G.)
—	KUSS (R.)
—	VERNE (J.-M.)
Pathologie exotique	BRUMPT (L.-C.)
Pathologie expérimentale et comparée	MERKLEN (F.-P.)
Pathologie médicale	LAROCHE (Cl.)
—	BRICAIRE (H.)
—	PÉQUIGNOT (H.)
Pathologie respiratoire	TURIAF (J.)
Pathologie et thérapeutique générales	MAURICE (P.)
Pharmacologie	BOISSIER (J.-R.)
—	LECHAT (P.)
Physiologie	BARGETON (D.)
—	PARROT (J.)
Physiologie et pathologie obstétricales	LEPAGE (F.)
Radiologie médicale	DESGREZ (H.)

	MM.
Technique chirurgicale et Chirurgie expérimentale	N...
Thérapeutique	LAMOTTE (M.)
Thérapeutique appliquée	N...

b) Professeurs à titre personnel :

Anatomie	CABROL (Ch.)
Anatomie anthropologique	OLIVIER (G.)
Anatomie pathologique	NEZELOF (Ch.)
Bactériologie	BARBIER (P.)
Biochimie médicale	DREYFUS (J.-Cl.)
Biologie médicale	BOURLIÈRE (F.)
Parasitologie	LARIVIÈRE (M.)
Pathologie expérimentale	LOEPER (J.)
Physiologie	DEJOURS (P.)
	SCHERRER (J.)
Physique médicale	KELLERSHOHN (L.)
	GOUGEROT (L.)
	ROUCAYROL (J.-Cl.)
	TUBIANA (M.)
Radiologie médicale	FISCHGOLD (H.)

2° CHAIRES DE SCIENCES CLINIQUES

a) Professeurs titulaires :

		MM.
Clinique carcinologique		DENOIX P.
Clinique carcinologique chirurgicale (Necker)		REDON (H.)
Clinique cardiologique (Broussais)		SOULIÉ (P.)
— — (Boucicaut)		LENÈGRE (J.)
Cliniques chirurgicales	Beaujon	LORTAT-JACOB (J.-L.)
	—	BAUMANN (J.)
	Cochin	LEGER (L.)
	Hôtel-Dieu	PATEL (J.)
	Saint-Antoine	GOSSET (J.)
	Salpêtrière	SICARD (A.)
	Tenon	OLIVIER (Cl.)
Clinique chirurgicale orthopédique et traumatologique (Cochin)		MERLE d'AUBIGNÉ (R.)
— — — (Foch)		PADOVANI (P.)
— — — (Beaujon)		CAUCHOIX (J.)
Clinique de chirurgie infantile et orthopédique (Enfants-Malades)		FÈVRE (M.)
Clinique de chirurgie cardio-vasculaire (Broussais)		DUBOST (Ch.)
Clinique de chirurgie thoracique (Laennec)		MATHEY (J.)
Clinique dermatologique (Saint-Louis)		DUPERRAT (F.)
Clinique endocrinologique (Pitié)		DECOURT (J.)
Clinique de Génétique médicale (Enfants-Malades)		LAMY (M.)
Clinique chirurgicale et gynécologique (Broca)		HUGUIER (J.)
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques (Saint-Louis)		DEGOS (R.)
Clinique des maladies des enfants (Enfants-Malades)		TURPIN (R.)
Clinique des maladies infectieuses (Claude-Bernard)		MOLLARET (P.)
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale (Sainte-Anne)		DELAY (J.)
Clinique des maladies du sang (Broussais)		BERNARD (J.)
Clinique des maladies du système nerveux (Salpêtrière)		CASTAIGNE (P.)
Cliniques médicales	Bicêtre	DEPARIS (M.)
	Broussais	MILLIEZ (P.)
	Cochin	N...
	Hôtel-Dieu	BARIÉTY (M.)
	Pitié	DREYFUS (G.)
	Saint-Antoine	CONTE (M.)
	Saint-Antoine	KOURILSKY (R.)
	Saint-Antoine	BOUDIN (G.)

	MM.
Clinique d'hydrologie et de climatologie (Bichat)	DEBRAY (Ch.)
Clinique médicale infantile et pédiatrie sociale (Enfants-Malades)	MARIE (J.)
Clinique médicale propédeutique (Broussais)	JUSTIN-BESANÇON (L.)
Clinique médico-sociale du diabète sucré et des maladies métaboliques (Hôtel-Dieu)	DEROT (M.)
Clinique néphrologique (Necker)	HAMBURGER (J.)
Clinique de neuro-chirurgie (Pitié)	DAVID (M.)
Clinique neurologique (Salpêtrière)	GARCIN (R.)
Cliniques obstétricales — Baudelocque	LACOMME (M.)
Cliniques obstétricales — Saint-Antoine	MERGER (R.)
Clinique obstétricale et gynécologique (Port-Royal)	VARANGOT (J.)
Clinique ophtalmologique (Hôtel-Dieu)	OFFRET (G.)
— — (Cochin)	BREGEAT (P.)
Clinique oto-rhino-laryngologique (Lariboisière)	AUBRY (M.)
Clinique de pédiatrie (Trousseau)	MOZZICONACCI (P.)
Clinique de pédiatrie et de puériculture (Saint-Vincent-de-Paul)	THIEFFRY (S.)
Clinique de pneumo-phtisiologie (Laennec)	BROUET (G.)
Clinique de neuro-psychiatrie infantile (Salpêtrière)	MICHAUX (L.)
Clinique de rhumatologie médicale et sociale (Cochin)	COSTE (F.)
Clinique de rhumatologie (Lariboisière)	SÈZE (S. de)
Clinique stomatologique (Salpêtrière)	DECHAUME (M.)
Clinique thérapeutique chirurgicale (Vaugirard)	ROUX (M.)
Clinique thérapeutique médicale (Saint-Antoine)	LEMAIRE (A.)
Clinique toxicologique (F. Widal)	GAULTIER (M.)
Clinique traumatologique et orthopédique (R.-Poincaré)	JUDET (R.)
Clinique urologique (Cochin)	ABOULKER (P.)
— — (Necker)	COUVELAIRE (R.)
Hygiène et clinique de la première enfance (Trousseau)	LAPLANE (R.)
Séméiologie médicale (A. Chantin)	DOMART (A.)
— — (Lariboisière)	BOUVRAIN (Y.)
— — (Pitié)	RAMBERT (P.)
— — (Rothschild)	WOLFROMM (R.)
Séméiologie et clinique chirurgicales (Broussais)	POILLEUX (F.)

b) Professeurs à titre personnel :

Hématologie	ANDRÉ (R.)
	BOUSSER (J.)
Hydrologie et climatologie	GIBERTON (A.)
Maladies infectieuses	BASTIN (R.)
	AZERAD (E.)
Médecine	BOUR (H.)
	CAROLI (J.)
	DREYFUS (B.)
	GROSSIORD (A.)
	LAMBLING (A.)
	LAUNAY (Cl.)
	PAYET (M.)
	PERRAULT (M.)
	SIGUIER (F
	WORMS (R.)
Néphrologie	RICHET (G.)
Neuro-chirurgie	LE BEAU (J.)
Neurologie	LHERMITTE F.
Neuro-psychiatrie	PICHOT (P.)
Oto-Rhino-Laryngologie	MADURO (R.)
Pédiatrie	POLONOVSKI (Cl.)
	ROYER (P.)
Pneumo-Phtisiologie	KREIS (B.)
	MEYER (A.)
Rhumatologie	DELBARRE (F.)

II. — PROFESSEURS SANS CHAIRE

	MM
Anatomie pathologique	GOUYGOU (Ch.)
Bactériologie	CHRISTOL (D.)
Biochimie médicale	CARTIER (P.) GONNARD (P.) NORDMANN (J.)
Biologie médicale	HARTMANN (L.)
Chirurgie	CERBONNET (G.)
Hématologie	BILSKI-PASQUIER (G.)

	MM.
Maladies infectieuses	DUPONT (V.)
Neuro-psychiatrie	TARDIEU (G.)
Pédiatrie	ROSSIER (A.)
Physique médicale	COURSAGET (J.) GREMY (F.)
Physiologie	GIRARD (Fr.)
Stomatologie	CHAPUT (Mme A.)

III. — PROFESSEURS DÉTACHÉS DANS LES UNIVERSITÉS ÉTRANGÈRES

Bactériologie	HAUDUROY (P.) Pr. s. ch.
Pathologie chirurgicale	RUDLER (J.) Pr. s. ch.

IV. — PROFESSEURS ASSOCIÉS

Hormonologie	MORICARD (R.)
Statistique médicale et épidémiologique	SCHWARTZ (D.)

Secrétaire général de la Faculté	M. LENA (J.)
Conseiller administratif	Mlle CHAINTREUIL (G.)
Conservateur en Chef de la Bibliothèque Conservateur du Musée d'Histoire de la Médecine	M. le Docteur HAHN (A.)
Conservateurs	Mlles DUMAITRE (P.), LAURENT (H.), LE NOIR (G.)
Bibliothécaires	Mmes CONTET (J.), FORGET (F.), Mlles DUROZOY (M.-F.), ROBERGE (D.), Dr SCHILLER (J.)

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A mes parents

A mon frère

A mon grand-père maternel

A mon meilleur ami : Cl. THUREL

A Monsieur le Professeur Ch. DUBOST

Professeur de Clinique Chirurgicale Cardio-Vasculaire

Sous son impulsion, la chirurgie cardiaque a acquis ses titres de noblesse ; le merveilleux est tombé dans le quotidien. La chirurgie réparatrice des artères du cerveau, domaine encore expérimental, n'est pas pour lui déplaire dans la mesure où il s'agit d'un champ nouveau. Son exemple et sa bienveillante attention ont été pour nous de précieux stimulants. Qu'il en soit remercié.

A Monsieur le Docteur ROUGERIE

Neuro-chirurgien des Hôpitaux

Nos remerciements vont droit à celui qui sait à la fois susciter l'admiration de ses élèves et les honorer de son amitié.
Par les conseils et les encouragements qu'il nous a prodigués dès le début de ce travail, il nous a autorisé à poursuivre une entreprise téméraire.

A Monsieur le Docteur WEISS

Chargé de Recherche à l'I.N.S.E.R.M.

Chef de Laboratoire à l'hôpital Marie Lannelongue

Il nous a accueilli dans son Laboratoire et a guidé nos pas dans une recherche délicate, tour à tour ami plein d'indulgence et critique acerbe. Sa haute compétence en matière d'hypothermie et d'arrêt circulatoire le désignait comme un censeur de choix. Qu'il trouve ici les remerciements de son élève et l'assurance d'une amitié nuancée de respect.

Ce travail a été réalisé au Centre Chirurgical Marie Lannelongue, dirigé par Messieurs les Docteurs SAUVAGE puis LE BRIGAND.

Il a été grandement facilité par l'apprentissage chirurgical et vasculaire que nous avons pu effectuer aux côtés de nos amis :

Eric HAZAN, Chef de Clinique assistant
à l'hôpital LAENNEC

Daniel GUILMET, Chef de Clinique assistant
à l'hôpital BROUSSAIS.

A mon Maître Monsieur le Docteur HOUDART.

Neuro-chirurgien des Hôpitaux

Neuro-chirurgien à l'Hôpital Lariboisière.

C'est en dépassant le stade expérimental et en apportant une contribution clinique à la chirurgie des artères du cerveau, que nous voudrions remercier un jour celui qui nous a ouvert les portes de son service.

A tous ceux qui ont particulièrement veillé à ma formation neuro-chirurgicale.

A mes Maîtres :

Monsieur le Docteur LEBESNERAIS.

Neuro-chirurgien des Hôpitaux.

Monsieur le Docteur CARON.

Neuro-chirurgien des Hôpitaux.

A mes Amis :

Jean COPHIGNON.

Chef de clinique assistant des Hôpitaux.

Michel HURTH.

Chef de Clinique Assistant des Hôpitaux.

A nos Maîtres dans les Hôpitaux

EXTERNAT

Monsieur le Professeur MOULONGUET
Monsieur le Professeur Agrégé LOYGUE
Monsieur le Professeur Agrégé GARBAY
Monsieur le Docteur RUBENS DUVAL
Monsieur le Docteur VUILLAUMEY
Monsieur le Professeur TURPIN
Monsieur le Professeur Agrégé LAFOURCADE
Monsieur le Docteur CAILLE

INTERNAT

Monsieur le Professeur DAVID
Monsieur le Professeur Agrégé PERTUISET
Monsieur le Docteur ABOULKER
Monsieur le Docteur HIRSCH
Monsieur le Docteur GUIOT
Monsieur le Docteur ROUGERIE
Monsieur le Docteur HOUDART
Monsieur le Docteur LEBESNERAIS
Monsieur le Docteur CARON
Monsieur le Professeur DUBOST
Monsieur le Professeur Agrégé Cl. de GAUDART d'ALLAINES
Monsieur le Professeur Agrégé BLONDEAU
Monsieur le Docteur PIWNICA
Monsieur le Docteur CACHERA
Monsieur le Professeur LHERMITTE
Monsieur le Professeur Agrégé GAUTIER
Monsieur le Docteur MARTEAU
Monsieur le Professeur CASTAIGNE
Monsieur le Professeur Agrégé CAMBIER
Monsieur le Docteur MASSON
Monsieur le Docteur LAPLANE
Monsieur le Docteur ESCOUROLLE
Monsieur le Docteur CATHALA
Monsieur le Docteur SERVELLE

INTRODUCTION

"Il y a deux catégories de chercheurs dont les uns ne seraient que des manoeuvres, tandis que les autres auraient pour mission d'inventer. L'intervention doit être partout, jusque dans plus humbles recherches de faits, jusque dans l'expérience la plus simple".

Depuis dix ans la micro-chirurgie vasculaire a subi un essor considérable. Cet essor n'est pas lié uniquement à un effort purement désintéressé des chirurgiens dans le but de reculer les limites possibles du calibre d'une suture. Ce mouvement est directement issu de la recherche sur les transplantations. Déjà au début de ce siècle, Alexis CARREL avait tracé la voie en réalisant grâce à ses sutures vasculaires à la soie des transplantations d'organes. Après une période de quiescence voilà qu'à nouveau depuis quelques années le besoin se faisait plus pressant de réaliser des transplantations sur de petits animaux (Rat, Lapin). D'où l'intérêt subit à l'égard des micro-techniques en général et la micro-chirurgie vasculaire en particulier : l'année 1955 marque le début de recherches variées dans ce domaine, 1960 en est presque l'an I par référence à la publication de JACOBSON et SUAREZ dans Surgical Forum.

Cette technique nouvelle allait rapidement passer du domaine sacré et expérimental qui l'avait engendrée au domaine profane.

La pratique courante allait s'emparer de ces procédés nouveaux ; dès lors plus de champs tabous qui ne deviennent accessibles : on réalise des embolectomies des artères mésentériques, on suture l'artère hépatique, on s'attaque aux artères coronaires, on mobilise l'étrier, on s'attache à une chirurgie plastique de l'uretère.

Seules échappent à cette attaque concertée les artères cérébrales profondément enfouies sous leur manteau cortical.

Une artère sylvienne gauche porteuse de tant de titres de noblesse continue à être traitée couramment avec aussi peu d'égards qu'une vulgaire collatérale de la carotide externe, si d'aventure on entreprend de traiter une ectasie à son niveau. A l'inverse, qu'une obstacl mécanique vienne brutalement en obstruer la lumière, elle restera seule sans la moindre visite chirurgicale, pendant une longue ischémie ; une incision sur cette artère eût peut-être suffi pour lever l'obstacle.

A l'heure où les techniques de chirurgie vasculaire ont atteint une certaine maturité, force est bien de constater l'important décalage qui sépare l'épanouissement des techniques de chirurgie vasculaire extra-crânienne et la stagnation des procédés opératoires sur les artères cérébrales.

Cette évolution dissociée n'a en fait rien de très surprenant. Le calibre réduit des vaisseaux du cerveau, leur fragilité souvent pathologique, leur situation profonde dans un champ exigu, l'importance fonctionnelle de leurs collatérales, la susceptibilité du tissu cérébral qui les recouvre répondant par un oedème à la moindre agression, enfin les problèmes complexes de l'arrêt circulatoire encéphalique constituaient jusqu'à une époque très proche des difficultés insurmontables, d'autant qu'elles doivent être dominées toutes ensemble et du même coup.

Qu'il soit possible d'appliquer les principes de la micro-chirurgie vasculaire aux vaisseaux cérébraux, telle a été notre hypothèse de travail. Cette hypothèse rend compte du plan de cette étude :

- Le premier chapitre envisage les différents procédés de réalisation des micro-sutures vasculaires, leurs résultats, leurs possibilités éventuelles d'adaptation à la chirurgie des vaisseaux du cerveau.

- Le second chapitre traite de la greffe, sur un animal vivant, d'artères cérébrales humaines conservées ; des anévrismes expérimentaux ont été réalisés par cette méthode et soumis ensuite à une fermeture angioplastique.

La possibilité d'appliquer de telles réparations en Neuro-chirurgie semble trouver une illustration dans de rares observations, qui seront rappelées et discutées.

- Le troisième chapitre constitue par rapport au précédent un pas supplémentaire vers le but fixé. Des artères cérébrales humaines ont pu être suturées à l'amphithéâtre sur le cadavre au fond de la cavité crânienne.

Parallèlement à ces réalisations pratiques nous avons cherché dans la littérature les cas où les neuro-chirurgiens ont ouvert et fermé une artère cérébrale humaine sur le vivant afin de tenter une désoblitération. Ces observations et leur étude critique nous ont fourni un prétexte pour essayer de dégager quelques indications où une obstruction vasculaire cérébrale aiguë appellerait un acte chirurgical.

- Enfin, qu'il s'agisse d'ectasie ou de désobstruction des vaisseaux cérébraux, tout acte micro-chirurgical et vasculaire nécessite impérativement un champ exsangue ou du moins très peu hémorragique. C'est pourquoi le survol des possibilités qui s'offrent à l'heure actuelle à celui qui désire obtenir un arrêt circulatoire encéphalique a procuré la matière du dernier chapitre.

MICROCHIRURGIE VASCULAIRE GENERALE

APPLICATION NEUROCHIRURGICALE EVENTUELLE

Chapitre I

I - GENERALITES

On peut, par convention, admettre que la microchirurgie vasculaire concerne des vaisseaux dont le diamètre est égal ou inférieur à 4 millimètres. Dans ce domaine, il n'est pas inutile de rappeler la loi de Poiseuille, selon laquelle "le débit à travers un vaisseau est directement proportionnel à la quatrième puissance de son diamètre (à pression constante)". Ainsi toute réduction de calibre d'un petit vaisseau excédant environ 1/3 de son diamètre conduit presque fatalement à une thrombose. Sur des vaisseaux de 3 mm la marge est donc de 1 mm. A cette échelle un moyen de grossissement optique s'avère indispensable pour replacer la main dans des conditions presque macrochirurgicales. Finalement en microchirurgie vasculaire l'oeil importe plus que la main : pourvu d'un moyen de grossisssissement adéquat il s'avère fidèle pour diriger avec exactitude la main dans ses mouvements minutieux.

Appareils optiques

C'est pourquoi, quelque soit la technique employée pour la microsuture, les auteurs se sont aidés dans l'immense majorité des cas d'instruments grossissants : loupes ou microscope.

- Loupe binoculaire serre-tête qui donne un grossissement de 1,75.

-"Jumelles grossissantes" employées en ophtalmologie, grossissant 2,5 fois environ.

- Microscope type Zeiss (50, 74) conçu de façon à permettre au chirurgien et à l'aide une vision binoculaire simultanée. Il importe en effet que l'aide et le chirurgien aient une vision identique du champ opératoire. Le grossissement dont on dispose est compris entre 4 et 40 fois l'objet examiné. La distance frontale de l'objectif au champ opératoire, suivant le type de l'ob-

jectif est de 20 à 30 cm. Cette distance conditionne l'aisance dans le champ opératoire. L'éclairage est incorporé au microscope. Un dispositif peut être monté sur l'appareil, permettant la photographie ou le cinéma.

La stérilisation du microscope qui doit approcher le champ opératoire s'effectue d'une part en l'exposant aux rayons ultra-violets, d'autre part en l'entourant avant l'intervention d'un sac en matière plastique stérile serti à sa base par une bonnette sur les flancs de l'objectif. La taille du sac est telle, qu'il enveloppe lâchement l'appareil et permet ainsi à travers son étoffe la manipulation des boutons de commande.

On peut bien entendu comparer les avantages respectifs des lunettes et du microscope. Le microscope, par son grossissement plus important donne évidemment une précision supérieure, et une meilleure vision au détail. La moindre parcelle de corps étranger prolabé à l'intérieur de la lumière vasculaire est immédiatement repérée. Toutefois il s'agit d'un appareil encombrant qui ne permet pas la même souplesse d'adaptation, c'est-à-dire le passage rapide du champ magnifié au champ opératoire normal. Quant à l' "ataxie" de l'opérateur lors des premières heures d'apprentissage, elle constitue une petite difficulté transitoire et facile à surmonter après un bref entraînement.

Actuellement, la majorité des auteurs utilisent en micro-chirurgie vasculaire le microscope opératoire, qu'il s'agisse de sutures collées ou agrafées (Lougheed - Khodadad (54, 55, 56) ou de suture au fil (Jabobson et Coll. 40, 51). Toutefois même pour des vaisseaux de 1,5 mm de diamètre d'excellents résultats ont été obtenus avec des lunettes loupes (Chase, Schwartz et Rob : (25) humérale de Chien - Hazan (45) : fémorale de Lapin). Il semble en fait qu'il y ait un oeil ainsi qu'une main microchirurgicale à acquérir comme semble en témoigner le travail de Collins et Douglas (27). Ces auteurs ont réalisé chez le Chien 60 sutures de veines d'un calibre compris entre 1 et 2,5 mm. (Anastomose au fil 7/0). Trente de ces anastomoses ont été menées à bien sous microscope (grossissement de X6 à X25) avec 93,3 % de succès ; trente autres anastomoses, faites sur une veine symétrique, sans microscope fournissent tout de même 86,6 % de perméabilité. Il faut remarquer toutefois que de tels chiffres ont été obtenus par des expérimentateurs préalablement entraînés aux micro-sutures sous microscope.

II - METHODES DE SUTURE

Les anastomoses des petits vaisseaux s'orientent suivant trois directions :

- les anastomoses par agrafage, les méthodes de "collage", enfin les techniques de suture au fil.

A - Méthodes d'agrafage

De nombreux appareils ont été proposés depuis 1950, date de l'apparition en U.R.S.S. d'une "machine à coudre les vaisseaux" intention de Gudov. Dans l'ensemble leurs conceptions reposent sur des variantes de ces deux procédés de base :

- Dans le premier, les vaisseaux à suturer sont éversés sur deux manchons cylindriques. L'un de ces manchons contient de petites agrafes, l'autre manchon sert de butée pour les agrafes et permet leur fermeture après le rapprochement des deux manchons (Androsov, Bikfalvi, Dubecz, Vogelfanger, Takaro, Inokuchi, American Stapler).

- Dans le second, les vaisseaux sont éversés sur deux anneaux, un des anneaux mâle est hérissé de 6 pointes ; l'autre anneau femelle percé de 6 trous. L'impaction des deux anneaux par une pince appropriée réalise l'anastomose (Nakayama).

Depuis 1950, de nombreux travaux ont démontré l'efficacité de cette méthode d'agrafage sur les gros puis sur les petits vaisseaux.

Les gros vaisseaux

Par cette technique des anastomoses aortiques s'avéraient parfaitement réalisables, témoins les travaux de Bikfalvi et Dubecz (9) (1953) sur l'aorte abdominale du Chien, Vogelfanger et Beattie (95) (1958) sur l'aorte abdominale du Porc, Takaro (1960) (91) sur l'aorte thoracique du Chien.

Des applications humaines ne tardaient pas à être publiées. Androsov (5) (1956) opérait 71 malades (réparations artérielles, anévrysmes artérioveineux périphériques) après une série de 394 interventions expérimentales.

Inokuchi en 1961 l'utilisait pour des anastomoses spléno-rénales chez l'homme.

Les petits vaisseaux

Parallèlement, pour la suture des petits vaisseaux, cette méthode d'agrafage s'avérait parfaitement adéquate. Les différents appareils semblent donner des résultats comparables et la littérature des années 1962 - 63 fait état de leurs brillants succès expérimentaux.

1 - Avec l'appareil de Vogelfanger :

- Vogelfanger et al (95) rapportent un total de 157 anastomoses portant sur des vaisseaux de 2 à 3 mm de diamètre (artères et veines fémorales de jeune Chien) - avec 87 % de bons résultats.

- Scobié et al (83) ont 93 % de succès dans la réalisation d'autogreffes veineuses sur la veine fémorale du Chien.

- Carrol (20) affiche 69 % de perméabilité pour des anastomoses entre la mammaire interne gauche et la circonflexe gauche du Chien.

- Zingg et Khodaded (102) obtiennent 100 % de succès dans l'anastomose des artères et veines fémorales, des artères et veines spléniques du Chien, de l'aorte du Lapin.

2 - Avec l'appareil américain :

- Mac Donald (1962) (66) a étudié la réimplantation d'un membre chez le Chien, et le problème du rétablissement de la circulation. Dans cette étude, la suture agrafée était renforcée par une colle vasculaire sans doute pour diminuer le saignement au déclampage.

3 - Avec l'appareil russe :

- Zwaveling (103) a réparé 29 carotides de Chien totalement sectionnées, sans aucune thrombose avec un recul supérieur à 12 semaines.

4 - Avec l'appareil de Nakayama :

- Nakayama (69) lui-même en 1962 s'avère capable de réparer des vaisseaux de 1,5 à 4 mm. Il obtient 100 % de perméabilité pour les artères carotides et fémorales de Chien, 66 % pour les anastomoses entre la mammaire interne et la circonflexe gauche.

- Récemment dans un remarquable travail, Ghareman Khodadad et W.M. Lougheed (56) ont repris cette étude en utilisant comparativement l'appareil de Nakayama et celui de Vogelfanger.

Leur travail expérimental peut se résumer ainsi :

- toutes les sutures termino-terminales artérielles ou veineuses, les autogreffes veineuses interposées sur veines sont restées perméables à 100 % ;
- par contre, les greffes veineuses segmentaires sur les artères n'ont donné qu'une perméabilité définitive de 82 %. Les auteurs rapportent ces échecs au prolapsus intimal et à l'incongruence fréquente entre l'intima veineuse et l'artérielle. Pourtant ils ont apporté tous leurs soins à la réalisation de ces sutures puisque pour les vaisseaux de 2 mm à 2,5 mm toutes les manoeuvres d'éversion et d'agrafage ont été réalisées à l'aide d'un microscope opératoire.

Discussion

A la première analyse, cette méthode d'agrafage apparaît simple et elle l'est, pourvu que l'on ait une expérience suffisante de l'appareil utilisé.

Le fait que des anastomoses entre la mammaire interne et la circonflexe gauche aient pu être réalisées pouvait autoriser à espérer que de tels procédés seraient applicables aux artères du cerveau. En réalité, nombre de points limitent son utilisation intra-crânienne :

- elle n'est pas applicable à la fermeture d'une artériotomie ou à la pose d'un patch, alors que ces deux techniques seront les plus utiles en chirurgie vasculaire intra-crânienne.

- elle pourrait par contre être utilisée pour des anastomoses termino-latérales et surtout termino-terminales. Malheureusement l'emploie d'un appareil automatique oblige à dégager le vaisseau sur 30 à 40 mm et implique des manoeuvres d'éversion qui risqueraient fort d'être traumatisantes sur des artères à média réduite, à intima fragile, voire pathologique. L'éversion revient en effet à étirer le vaisseau sur la moitié de sa circonférence pour l'appliquer sur le cadre correspondant. Une telle éversion raccourcit le vaisseau à anastomoser de 6 mm de chaque côté soit 12 mm au total. Ceci ne peut se faire sans traction sur les branches collatérales à grande importance fonctionnelle et partant, sans modification dans leur circulation.

- Les examens anatomo-pathologiques ont montré de façon constante au niveau de l'anastomose une disparition presque complète de la média des vaisseaux et une fragmentation de la limitante élastique externe, vraisemblablement liées à la pression d'agrafage. Quand on connaît la minceur de la média des artères cérébrales, leur unique limitante élastique interne, on s'interroge sur la fréquence des ectasies, ruptures ou thromboses qui surviendraient au lieu de l'anastomose.
- Enfin notre modeste expérience des sutures intracrâniennes, nous permet de dire que l'exiguité du champ opératoire est telle qu'il est difficilement pensable d'y introduire une de ces machines-outils du moins dans leur format actuel.

Il faut le regretter, mais aussi s'en réjouir, car le chirurgien a toujours eu plus l'âme d'un tailleur que d'un confectionneur.

B - Méthodes de collage

Elles ont commencé leur carrière dix ans après les méthodes d'agrafages, soit en 1960 avec les travaux de Nathan et al.

- De nombreux adhésifs ont été synthétisés depuis cette date :
  - A D/Here méthyl cyanoacrylate utilisé par Nathan ;
  - méthyl-2-cyanoacrylate ou Eastman 910 monomer non stérilisé, précurseur de l'
  - Eastman 910 monomer M_2 C_1, proche parent de l'Eastman 910 adhésive mais stérilisé et imbibé par SO_2. Il "prend" en cinquante secondes ce qui facilite son application.

Ces produits ont en commun la propriété de se polymeriser et de se solifier au contact d'un milieu basique, les tissus vivants en l'occurrence.

- Bernhard et al (8) ont utilisé un adhésif flexible à base de polyuréthane, plus flexible que les précédents.

- Enfin, Ghareman Khodadad (54) et W.M. Lougheed ont employé un "contact cement" composé de polychloroprène (caoutchouc synthétique) et de résine phénolique.

Gros vaisseaux

Nathan (70) le premier en 1960 mena une série de 39 anastomoses termino-terminales de l'aorte abdominale chez le Chien. 9 décès sont à inscrire au passif de la méthode : 4 par hémorragie et 5 par faux anévrysme.

Petits vaisseaux

Carton et al. (21, 22) ont poursuivi depuis 1961 un travail sur des vaisseaux de 3 à 4 mm (artères carotides, fémorales et mésentériques de Chien). La base du protocole expérimental consistait en la fermeture d'une artériotomie de 3 à 10 mm de longueur par une pièce collée ou patch (terme anglo-saxon définitivement entré dans le langage chirurgical). La nature du patch était variable (nylon, dacron, mersilène, fascia, autogreffe veineuse ou artérielle).

- Une première série de 33 patch devait se solder par 26 bons résultats et 7 morts par hémorragie précoce. Cependant, 20 vaisseaux prélevés après l'intervention montraient de façon constante une dilatation anévrysmale d'importance variable.

- Au cours d'une deuxième série de 52 patch, une modification technique semblait devoir pallier les graves inconvénients de la première série. Le patch utilisé pour fermer l'artériotomie était renforcé par un second patch, véritable manchon circulaire lui aussi collé. Dans cette série, aucune dilatation anévrysmale n'était relevée ni à l'examen anatomique un mois après l'intervention, ni sur les artériographies - toutefois 20 patch sur 52 n'ont pas été étudiés et le recul n'excède pas un mois.

Cette impression favorable devait se confirmer.

Un an plus tard, les auteurs font état de 390 artériotomies (artériotomie linéaire, résection cunéiforme) réparées par cette méthode avec une perméabilité dans 100 % des cas.

Leurs résultats quant aux anastomoses termino-terminales ne sont pas encore publiés.

En 1964, Ghareman Khodadad et W.M. Lougheed (54) reprennent une étude analogue sur les artères de même calibre chez le Chien (artère fémorale, carotide, brachiale). Ils étudient la réparation de 61 artériotomies linéaires de 2 à 60 mm de longueur, 8 résections cunéiformes, 2 sections artérielles complètes. Dans tous les cas, la réparation est faite avec un patch unique de téflon extrêmement fin appelé téflon n° 3081, collé avec du "contact cement". La longueur de ce patch rectangulaire dépasse de 8 à 14 mm la longueur de la perte de substance artérielle. Sa largeur est égale à une fois et demi la circonférence de l'artère à réparer.

Le patch est donc renforcé d'emblée ce qui évite d'apposer un deuxième greffon collé comme dans la technique de Carton. Les temps d'exécution ont été de 15 minutes pour la fermeture d'une artériotomie simple, de 25 à 30 minutes pour une perte de substance ou une section complète.
Les résultats se sont soldés par une perméabilité dans 38,1 % des cas et un certain degré de sténose constant.

Discussion :

Cette méthode par sa simplicité soulève l'enthousiasme. A l'agrafage traumatisant, à la suture laborieuse au fil, on substitue un collage rapide et efficace. Malgré ses qualités théoriques, cette méthode donne malheureusement prise à de nombreuses critiques.

Carton et al sont les seuls dans la littérature qui nient tout effet nocif à l'Eastaman 910 monomer. Tout au plus reconnaissent-ils une discrète réaction à corps étranger (qui disparaît en 3 mois) quand le produit est injecté par voie sous-cutanée au Cobaye ou au Chien. Beaucoup d'auteurs cependant insistent sur quatre défauts majeurs du produit :

- son effet nécrosant sur les parenchymes vivants ;
- sa dureté et son inflexibilité ;
- la difficulté de son application sur un vaisseau ouvert, la moindre goutte pénétrant dans la lumière vasculaire étant à coup sûr thrombogène ;
- son effet adhésif parfois insuffisant.

Nous envisagerons successivement ces quatre critiques (30, 41, 44, 47, 57, 60 67, 76, 88, 92, 101).

1 - L'Eastman 910 a une action nécrosante sur tous les parenchymes et provoque notamment une réaction à corps étranger assez vive au niveau du système nerveux et des vaisseaux :

a - au niveau de la dure-mère : le collage de fascia sur une perte de substance durale entraîne une réaction fibrohystiocytaire locale, mais très peu de modifications cérébrales. La méninge molle semble représenter pour le parenchyme cérébral une barrière efficace, du moins chez le Chien ;

b - par contre si la méninge molle est franchie et si le produit pénètre dans le cerveau, on note une destruction neuronale localisée mais intense et une réaction gliale sévère (cicatrice épileptogène) ;

c - Le tronc cérébral du Lapin semble subir des dommages importants quand le produit vient à diffuser dans les lacs de la base, la grande citerne en particulier ;

d - l'application sur la moëlle du Lapin conduit à des lésions médullaires importantes ;

e - l'action sur le nerf Saphène du Chien met en évidence une réaction à corps étranger périneurale et dans quelques cas, des altérations du névrilemme et de l'axone, avec démyélinisation par plages. Toutefois, ces altérations ne sont pas accompagnées de déficit évident in vivo ;

f - la substance blanche du chiasma et des nerfs optiques paraît encore plus sensible. Chez onze Singes Macacus rhésus, 3 gouttes d'Eastman 910 ont été déposées avec grande délicatesse ; dans tous les cas les figures histologiques observées ont été identiques : inflammation, nécrose, démyélinisation, perte des axones ;

g - enfin l'application de l'Eastman 910 produit de façon constante des altérations de la paroi vasculaire. Son application simple sur une paroi saine entraîne une nécrose de l'adventice et de la média, remplacées par un tissu fibreux cicatriciel. Cependant les conséquences seraient différentes selon le calibre des vaisseaux envisagés

- de 3 à 5 mm : la limitante élastique interne demeure intacte. Le processus fibreux de la média n'interviendrait pas sur la perméabilité puisque sur 31 artères traitées, on note une seule thrombose ;
- de 0,5 à 2 mm : la limitante élastique reste encore intacte mais elle perd parfois ses crénelures. On compte 44 % de thrombose. Dans les cas où la perméabilité est conservée on relève constamment une sténose au point d'application et une dilatation fusiforme anévrysmale en aval, qui dépasse de loin la "jet lésion" habituelle post-sténotique.

Ces constatations rejoignent celles d'autres auteurs qui ont observé, en fermant une artériotomie linéaire par application de colle sans patch : 10 thromboses, 4 sténoses, 6 dilatations, 16 anévrysmes sur 47 cas. La proportion d'anévrysmes de cette série a paru si considérable à leurs auteurs, qu'ils se sont interrogés pour savoir si une telle technique ne serait pas appropriée à la création d'anévrysmes expérimentaux !

A l'heure actuelle, la pathogénie de cette action nécrosante reste mystérieuse.

Il ne semble pas que la discrète quantité de chaleur dégagée lors de la polymérisation puisse entrer en ligne de compte. L'intensité de la réaction devrait alors être proportionnelle à la quantité du produit. Or il n'en est rien. On pense plutôt qu'il s'agit d'un double mécanisme : réaction à corps étranger et nécrose par englobement des microvaisseaux pariétaux.

2 - La dureté et l'inflexibilité de l'Eastman 910 peuvent être à l'origine d'hémorragie précoce, la substance dure agissant comme le tranchant d'une arme blanche sur la paroi vasculaire fragile qui bat (au contact des bords d'un patch par exemple).

Un patch circulaire appliqué sur une artère en état de spasme n'est susceptible d'aucune dilatation immédiate à la reprise de la circulation. C'est pourquoi il importe, dans la technique des patch collés de ne commencer la réparation d'un vaisseau qu'après avoir levé le spasme grâce à la papavérine et surtout la dilatation passive par injection de sérum physiologique ; de plus lorsqu'on applique le patch sur l'artère, celle-ci doit reposer sur un support plat pour une artériotomie longitudinale, un support cylindrique pour une artériotomie avec perte de substance afin de mouler le patch sur un galbe artériel adéquat.

3 - Le caractère aggressif du produit impose de ne jamais laisser tomber une parcelle de colle dans la lumière vasculaire sous peine de thrombose immédiate.

Cette condition est facile à réaliser pour les patch sur artériotomies : il suffit de laisser les lèvres de l'incision sur l'artère et la zone correspondante sur le patch libres de colle.

Par contre, cet impératif est beaucoup plus difficile à réaliser pour la fermeture d'une section artérielle transverse.

- l'approximation des deux segments à anastomoser est plus délicate. De nombreux artifices ont été proposés :

  - anastomose sur tuyau modeleur introduit par artériotomie longitudinale d'amont. Cette artériotomie sera refermée par un patch lors de l'ablation du tuyau-guide, une fois l'anastomose termino-terminale réalisée ;
  - approximation des deux bouts par deux clamps "bull-dogs" rapprochés ou écartés parallèlement l'un par rapport à l'autre grâce à un système de vis micrométriques ;

- enfin des techniques sur anneaux collés, dérivées des sutures intestinales dits "au bouton".

4 - Quant au défaut d'adhérence d'un patch collé, il est toujours lié à une faute technique. Il faut appliquer le produit sur une surface parfaitement sèche, avec une aiguille fine, et maintenir une pression douce sur la pièce à coller pendant 2 minutes. On évitera ainsi des incidents qui ont été signalés dans la littérature : rupture de la ligne de suture et hémorragie dans le cylindre inextensible périartériel, aboutissant à la thrombose ou à la rupture.

Le champ opératoire doit être très sec, la paroi vasculaire à réparer doit être séchée de même que le patch qui doit y être apposé. Une aspiration douce mais continue doit donc être maintenue au niveau des citernes de la base, un filet d'oxygène doit pouvoir être ririgé sur les surfaces à sécher.

La seule limitation actuelle dans l'utilisation de ce produit réside encore dans sa toxicité non négligeable qui n'a pas empêché Carton et al de réussir en 1962 un patch collé sur la carotide intracranienne chez l'homme.

De nouvelles recherches sont actuellement menées, qui permettront peut-être de proposer des monomers comportant un noyau de base à chaîne aliphatique plus longue, caractéristique qui semble diminuer fortement la toxicité des produits.

C - Microsutures

Cette méthode se propose d'appliquer aux petits vaisseaux, les procédés de suture maintenant bien codifiés en chirurgie vasculaire classique, c'est-à-dire s'adressant à des vaisseaux de calibre supérieur à 4 mm.

Il est évident qu'une telle transposition exige une technique et un matériel spécialement adaptés, si l'on veut parvenir à lever l'interdit qui règne sur les sutures intéressant des vaisseaux de calibre inférieur à quatre millimètres. Ici comme en chirurgie vasculaire classique, hormis le cas d'une obstruction préalable du lit vasculaire d'aval, toute thrombose est la conséquence directe d'une erreur de technique. Mais l'exiguité des vaisseaux rend les fautes techniques à la fois plus fréquentes et plus graves.
Les efforts devront donc porter dans la réalisation de ces microsutures tant sur la matériel utilisé que sur la technique adoptée.

Le matériel utilisé

1 - Les moyens de grossissement optique sont indispensables : le microscope a été définitivement adopté par les équipes s'intéressant de façon suivie à la microchirurgie vasculaire.

Jacobson (50, 51), préconise d'utiliser un grossissement de X 16 pour la mise en place des éléments du champ opératoire, et de X 25 à X 40 pour placer les points de suture.

Lougheed et Khodadad (55) conseillent de travailler au X 16.

Pool (74) et al se disent satisfaits d'un X 6.

Il est certes possible de réaliser des microsutures sans microscope et des vaisseaux inférieurs à 3 mm ont pu être suturés aux lunettes loupes. Toutefois, il semble que seul le microscope permette d'obtenir des pourcentages de perméabilité de 100 % rejoignant en cela les résultats de la chirurgie vasculaire classique. Par ailleurs, comme le font remarquer Khodadad et Lougheed, la pose d'un patch de 5 mm sur 1 mm au niveau d'une artériotomie ne saurait être effectué avec sécurité sans le secours d'un microscope opératoire.

2 - Le problème des clamps vasculaires

Certes les clamps "bull-dogs" à condition que leurs mors soient engagés dans un tuyau de caoutchouc (en pratique un petit drain n° 10)* sont suffisamment peu traumatisants. Mais ils sont encombrants. Dans un champ opératoire exigu, des clamps vasculaires miniaturés sont donc fort utiles sinon indispensables.

Ghareman Khodadad et W.M. Lougheed ont proposé des clips temporaires peu traumatisants, utilisables sur les artères cérébrales et les petites artères périphériques - clips à anneau amovible (1965) (61) - et surtout récemment (1967) (53) un modèle de clip quasiment atraumatique dont la pression d'ouverture et de fermeture est réglée par un petit manchon de silastic. Ces clips ont été appliqués sur des artères de 1 à 2 mm de diamètre (carotide de Chat) pendant 4 heures et plus, sans aucune incidence de thrombose (ni lésion intimale à l'examen histologique).

3 - Le choix du porte-aiguille

L'entrée et la sortie de l'aiguille ne doivent s'accompagner d'aucun mouvement brusque, source de déchirure. C'est pourquoi, au porte-aiguille classique cranté et à anneau, Jacobson a substitué un porte-aiguille à ressort qui obéit sans déclic à la simple pression des doigts.

* Laboratoires Bruneau.

4 - La qualité du fil et de l'aiguille

Ce sont des facteurs importants de réussite.

Des fils de plus en plus fins ont été obtenus :
-soit 6/0 - Dacron 6/0 - Tefdek 7/0 - nylon monobrin 7/0 et récemment 9/0.

En matière de microchirurgie la pierre d'achoppement réside non pas dans le fil dont la finesse peut être sans cesse accrue, mais dans la sertissure du fil sur la base de l'aiguille. De sa qualité dépend finalement la valeur d'une "aiguillée".

Le nylon monobrin 9/0 de Jacobson avec aiguille 6/1 000 de pouce de diamètre semble représenter à l'heure actuelle le summun de la technique. Malheureusement il n'est pas commercialisé pour l'instant.

La technique

(Réparation d'artériotomies, perte de substance, anastomoses termino-terminales et termino-latérales).

Les données qui vont suivre résument l'opinion générale qui transparait à travers la littérature, et découlent de l'expérience personnelle que nous avons acquise en cette matière au laboratoire. Dans un premier temps, nous avons eu la chance de seconder E. Hazan dans son travail sur les micro-vaisseaux et l'application à la chirurgie des coronaires chez le Chien ; dans un second temps, nous avons utilisé les lunettes loupes pour des réparations aortiques chez le Lapin, le microscope pour une série de transplantations hétéro-topiques du coeur du Rat en position abdominale.

Voici les précautions et les modes de réalisation qui semblent à l'heure actuelle les plus adéquats.

Les précautions à prendre

1 - Il importe qu'au cours de la suture, aucun corps étranger ne soit prolabé dans la lumière vasculaire. C'est pourquoi, les extrémités à suturer doivent être soigneusement préparées et débarassées de leur gaine péri-artérielle, la lumière vasculaire lavée avec du sérum hépariné (50 mg pour 50 mml).

2 - Le spasme local qui survient parfois même à la manipulation douce de l'artère doit être prévenu (novocaïne, papavérine in situ) ou levé (injection sous pression douce de sérum physiologique dans la lumière artérielle qui

réalise une dilatation passive et efficace). En effet la suture d'une artère de 1,5 mm déjà délicate à réaliser devient impossible sur une artère spasmée. Même pour des vaisseaux un peu plus gros, si une suture est réalisée dans ces conditions défavorables, le spasme n'a aucune tendance à s'estomper une fois la circulation rétablie. Vu le calibre filiforme du lieu d'anastomose, la survenue d'une thrombose est presque certaine.

3 - Pendant la réalisation de l'intervention, les vaisseaux en présence ne doivent en aucun cas être saisis à la pince au niveau des berges proposées à la suture : tout au plus un crochet mousse peut-il écarter les berges de l'artériotomie, un jet fin de sérum à l'aiguille désolidariser deux berges temporairement adossées. En réalité, l'opérateur tenant le fil d'une main, le porte aiguille de l'autre doit sans aucun autre artifice se "présenter" les berges vasculaires. Les prises doivent être suffisamment fines pour ne pas être sténosantes, suffisamment larges pour ne pas déchirer. La pointe de l'aiguille qui pique dans la paroi vasculaire doit être vue en transparence pour que la prise soit jugée correcte. Dans de telles conditions, cette prise est inférieure au demi-millimètre.

Les modes de réalisation

Artériotomie transverse ou section artérielle transverse

La suture à points séparés reste pour Jacobson et pour Khodadad le meilleur procédé, car elle permet à l'artère d'accroître son calibre à la reprise de la circulation, ce qui n'est pas le cas avec un surjet qui forme un anneau inextensible. Huit à douze points sont nécessaires pour réparer une section transverse.

Les surjets ont l'avantage par rapport à la technique précédente d'être plus rapides à faire, car la réalisation d'un noeud avec des fils 7/0 est évidemment plus délicate qu'avec les fils plus gros de la chirurgie vasculaire conventionnelle. De plus, les surjets laissent moins de matériel étranger au contact de l'artère. Par contre, leur réussite est une affaire plus délicate qu'une suture discontinue : un peu trop serré, le surjet rétrécit la zone d'anastomose, un peu trop lâche il est à l'origine de saignements relativement importants. La réussite du surjet dépend donc en définitive essentiellement de la qualité de son serrage.

Il semble que dans l'ensemble la technique du surjet éversant "à la Blalock" soit supérieure au surjet non passé (E. Hazan (45) : suture de la fémorale de Lapin). Cependant Seidenberg, Hurwit et Carton (1958) (84) donnent leur préférence au surjet simple sans éversion. A l'appui de leur opinion il convient de rappeler les conclusions de Holman et Hahn (46) l'éversion entraîne une diminution de 15 % sur la surface de section artérielle ; cette diminution n'est que de 8 % pour un surjet non passé sans éversion.

Artériotomie longitudinale

Elle peut être réparée par des points séparés ou par un surjet non passé.

Si cette artériotomie s'adresse à un vaisseau pathologique au calibre déjà réduit au lieu de l'incision, ou s'il existe une perte de substance sur l'artère, la fermeture par un patch s'impose.

La technique de pose d'un patch en microchirurgie diffère légèrement des techniques conventionnelles si l'on utilise un fragment vasculaire comme prothèse. Le vaisseau donneur doit être intubé sur un petit cathéter avant son prélèvement.

Par rapport à la longueur de l'artériotomie, la longueur du greffon nécessaire pour obtenir une tension correcte varie selon le matériel utilisé. Pour un greffon veineux, elle est égale ou légèrement inférieure ; pour un greffon artériel elle est seulement des trois quarts ; en effet il faut tenir compte de la rétraction du greffon après son prélèvement.

Quatre fils d'angle doivent être placés sur le greffon encore intubé pour éviter toute manipulation à la pince. L'emploi d'aiguilles doublement serties permet d'accoupler les angles correspondants du patch et de l'artériotomie. Le patch est alors amené sur la perte de substance, et suturé sans manoeuvres traumatisantes.

Pontage bi termino-latéral

L'incision transverse est à recommander car elle réalise une béance naturelle d'ouverture de la bouche d'anastomose.

L'incision longitudinale est à proscrire, car elle crée un obstacle à l'éjection du sang sur les vaisseaux de petit calibre. Elle peut toutefois être tolérée à condition de créer à son niveau une discrète perte de substance en quartier d'orange. Le segment artériel court-circuité doit être lié entre les zones d'abouchement du greffon (s'il n'est pas déjà occlus).

Remplacement segmentaire termino-terminal

Les sutures d'amont et d'aval posent les mêmes problèmes que la réparation d'une artériotomie transverse.
Le point important est de déterminer la longueur du greffon destiné à combler la perte de substance artérielle.

- S'il s'agit d'un greffon artériel, une longueur identique convient.
- S'il s'agit d'un greffon veineux des chiffres précis ont été proposés par Lougheed et Khodadad à propos de l'artère carotide du Chat.

  Si la section du tronçon artériel porte de chaque côté à moins de 10 mm d'une collatérale d'amarrage, la longueur du greffon veineux à interposer est égale à la perte de substance artérielle.
  Si la section porte à plus de 10 mm d'une collatérale d'amarrage la longueur du greffon veineux à interposer doit être supérieur à la perte de substance artérielle :
  à une perte de substance artérielle de 10 - 15 - 20 - 25 - 30 mm doivent correspondre respectivement des greffons veineux de 22 - 30 - 35 - 40 - 45 mm.

Résultats

Depuis 1958 surtout, les microsutures ont fait l'objet de nombreux travaux. Auparavant peu d'auteurs s'étaient intéressés à ce problème. Toutefois Schumacker et Lowenberg en 1948, Hurwitt en 1953 avaient tracé le sillon en suturant les artères de 4 mm avec plus de 50 % de succès.

En 1958 Seidenberg et al. (84) publient une technique d'anastomose des artères viscérales (rénale, splénique, mésentérique) chez le Chien. Ils utilisent deux hémisurjets ordinaires non éversants à la soie 7/0. La même année, le même auteur publie six cas de reconstruction de l'oesophage cervical par une greffe libre de jéjunum, revascularisée par anastomose des vaisseaux mésentériques aux vaisseaux faciaux.

En 1960 Jacobson et Suarez (50) présentent 20 sutures de carotide de Chien et six de Lapin avec 100 % de perméabilité, quatre mois après l'intervention.

En 1962 Jacobson, Suarez et al. (51) rapportent une série de sutures exécutées au microscope (X 16 et 40).

- Les sutures sont faites à la soie 7/0, à points séparés, à raison de 3 points par millimètre. Toute technique d'éversion ou d'inversion est déconseillée.

- Des segments artériels longs de 2,5 cm (artères de Chats, de Chiens et de Lapins) ont été ainsi remplacées par des autogreffes veineuses et artérielles, et des homogreffes veineuses. Le calibre des vaisseaux était compris entre 1,4 et 4 mm. Cette série s'est soldée par 100 % de perméabilité six mois à un an après l'intervention.

- Par contre le remplacement de segments d'artères de 3 mm par des greffons en téflon de calibre égal aboutit à 17 thromboses sur 18 cas.

- Enfin, vingt endartériectomies d'une longueur de 2 cm à 2,5 cm ont été effectuées sur des vaisseaux de 3 à 4 mm. Seize sont restées perméables. Les quatre échecs sont imputés à une infection post-opératoire de la plaie.

En 1961 Urschell et Roth (94) comparent les résultats des anastomoses effectuées soit par suture, soit par éversion sur prothèse de tantale. Leur procédé de suture est éminemment simple : 4 points séparés leur suffisent. Le taux de perméabilité est de 95 % pour l'éversion et de 93 % pour la suture (artères de 2 à 4 mm chez le Chien). Pour des artères de calibre compris entre 1,5 et 2 mm le pourcentage de succès tombe à 73 %.

En 1962 Chase, Schatrz et Rob (25) rapportent 34 sutures d'artères brachiales du Chien (calibre 1,5 mm) effectuées à la soie 7/0 avec une loupe binoculaire grossissant quatre fois. Les résultats oscillent autour de 75 % de succès.

En 1963 J.H. Salmon (79) fait état de suture des artères humérale et radiale chez l'homme à la suite d'artériotomies motivées soit par une étude radiologique cardiaque, coronarienne et cérébrale, soit à la suite de blessure par arme blanche, soit enfin lors du retrait d'un shunt pour épuration extra-rénale.
Les résultats semblent encourageants avec une perméabilité immédiate de l'ordre de 80 %.

En 1964 P.A. Salmon et Assimacopoulos (78) obtiennent près de 100 % de bons résultats dans la fermeture d'artériotomies, ou l'exécution d'anastomoses termino-terminales. Par contre sur 10 patch en téflon, 4 seulement sont perméables six mois après l'intervention.

En 1966 Gharemann Khodadad et W.M. Lougheed (55) ont accumulé 90 cas expérimentaux (artères carotides ou fémorales de Chat de calibre de 1 à 2 mm). Ont été effectués :

- 30 artériotomies longitudinales
- 15 sections artérielles
- 15 résections cunéiformes
- 15 remplacements artériels segmentaires
- 15 pontages bi-termino-latéraux

Ces opérations ont été menées à bien grâce au microscope de Zeiss (grossissement 16) et au nylon monofilament 7 ou 8/0. Toutes ces sutures sont restées perméables excepté un remplacement segmentaire veineux par greffon trop court pour la perte de substance et qui s'est thrombosé.

DISCUSSION

A l'heure actuelle la microsuture sous microscope semble donner les résultats les plus constamment favorables. Le fil est loin d'avoir les dangers et l'aggressivité des adhésifs, il n'oblige pas à des manoeuvres d'éversion traumatisantes comme les méthodes d'agrafage.

Ces trois courants qui ont traversé la microchirurgie vasculaire depuis 10 ans, ne font que reproduire les tendances contradictoires qui ont préludé à l'élaboration de la Chirurgie vasculaire contemporaine.

A l'aube de la chirurgie vasculaire le fil était en faveur. Hallowell (in 55) devait l'utiliser le premier en 1759 pour fermer une artère de gros calibre, Asman (in 55) en 1772 pour fermer des plaies artérielles sur les fémorales de 4 Chiens, Jassinowski en 1889 (52) l'appliquait aux carotides de Chiens, de Chevaux et de Veaux.

Lorsque Carrel et Guthrie (19) au début du XXe Siècle démontrèrent par l'excellence de leurs résultats expérimentaux, la valeur des anastomoses à la soie, on pouvait croire que le fil s'était définitivement imposé.

Mais il allait subir une éclipse de près d'un demi siècle battu en brêche par des procédés considérés comme plus rapides : à la suture classique, on opposait les procédés de collage (Brewer I904) (14) des méthodes d'anasto-

mose sans suture par des tubes en verre, en argent (Tuffier) (93) ou en ivoire (Nitze), (71) des techniques d'intubation du segment d'aval par le segment d'amont éversé (Blakemore) (11).

Il fallait attendre 1946 pour voir à nouveau le fil s'imposer dans la pratique en chirurgie vasculaire courante. Réhabilité par le mémoire de De Bakey et Simeone (29) sur les plaies vasculaires de la deuxième guerre mondiale, il était employé par Crafoord et Gross pour les premières "résection-sutures" dans la coarctation de l'aorte.

Encore à l'heure actuelle, malgré l'excellence des méthodes d'agrafage, voire de collage, la suture au fil est utilisé par la majorité des équipes de chirurgie vasculaire dans le monde.

CONCLUSION

En sera-t-il de même en microchirurgie vasculaire et plus particulièrement en ce qui concerne les vaisseaux cérébraux ?
Présentement,

- les techniques d'agrafage sont inapplicables pour les interventions intra-crânienne ;

- les techniques de collage seraient très tentantes voire idéales, encore que leur réalisation pratique soit moins aisée qu'il n'y paraît, mais un produit adhésif peu agressif reste à synthétiser ;

- si bien que dans l'immédiat, l'anastomose au fil reste encore le moyen le plus sûr.

Néanmoins, il nous semble qu'un adhésif complémentaire d'une microsuture scellerait une alliance tout-à-fait souhaitable en neurochirurgie vasculaire car, en autorisant une suture au fil plus expéditive, l'adhésif permettrait de réduire le temps d'arrêt circulatoire et procurerait une suture plus rigoureusement étanche.

oOo

SUTURE DES ARTERES CEREBRALES HUMAINES CONSERVEES.
ANEVRYSMES EXPERIMENTAUX. DISCUSSION
APPLICATION CLINIQUE A LA THERAPEUTIQUE DES ANEVRYSMES INTRACRANIENS

Chapitre II

I - Généralités

Avant s'envisager la réalisation éventuelle de sutures artérielles intracraniennes sur le cadavre, nous avons tout d'abord pris le parti d'appliquer les principes microchirurgicaux aux artères cérébrales humaines au laboratoire.

Pour mener à bien cette entreprise, nous avons utilisé des artères cérébrales humaines conservées, interposées ou apposées sur l'aorte abdominale du Lapin.

Le but visé était essentiellement celui d'une expérience aiguë ; en effet nos méthodes de prélèvement et de conservation nous autorisaient à bien peu d'espoir pour des résultats satisfaisants à distance.

L'important dans ce travail était de pouvoir travailler sur des artères cérébrales humaines, cadavériques certes, mais parcourues par un flux sanguin. On était alors à même d'apprécier la qualité de leur étoffe soumise à la suture, dans des conditions d'abord chirurgical aisé, avec l'illusion du vivant.

Nous avons réalisé ainsi un certain nombre de montages et créé des anévrysmes expérimentaux. Cette création répondait à deux préoccupations : la première de fournir au neuro-chirurgien la possibilité de reproduire au laboratoire des ectasies artérielles constituées par des artères cérébrales humaines ; la seconde de lui permettre d'étudier à loisir l'application des techniques de microsuture à la fermeture plastique du collet anévrysmal.

En effet, c'est souvent à un stade tardif de sa formation que le neuro-chirurgien se trouve confronté avec une malformation anévrysmale intracranienne. Pendant la cure de telles malformations chez l'Homme, l'heure est mal venue, et les conditions anatomiques se prêtent bien mal à une étude microchirurgicale.

Les animaux ne semblent pas disposés à offrir spontanément de larges possibilités d'entraînement. Les cas d'anévrysmes rapportés chez les animaux sont rares, isolés et touchent des espèces variées : le Poulain (KOPPEN, 1927), (58) le lama (ASKRUPMARK et IVGVAR, 1950) (6), la Vache (HASSLER, 1961) (in 77) le Chimpanzé (STHEBENS, 1963) : (85).

Devant une telle rareté, la création d'anévrysmes expérimentaux se présente comme la solution de choix.

II - Conditions d'expérimentation

Nous avons ainsi expérimenté sur 28 lapins d'un poids moyen de 2,300 kg environ.

L'anasthésie dans les premières expériences était conduite à l'éther administré au "masque", de façon discontinue.

Secondairement, cette technique a été légèrement modifiée, pour essayer de diminuer la dose d'éther administrée et d'éviter la survenue d'un encombrement broncho-pulmonaire.

Une étude anesthésique, portant sur des animaux non opérés, nous a conduit à adopter la séquence suivante :

- Induction anesthésique à l'éther.
- Puis injection dans la veine de l'oreille d'atropine et de pentobarbital (Nembutal, Abbott) (Atropine, 1 ml de la solution suivante : un quart de mg dans 5 ml de Rhéomacrodex ; Nembutal, 1 ml de la solution suivante : 0,5 ml de la solution à 6,5 % pour usage vétérinaire, dans 5 ml de Rhéomacrodex).
- Application de xylocaïne à 1 % sur le péritoine pariétal à l'ouverture de la cavité abdominale.

Grâce à ces artifices, il semble que les inhalations d'éther ont pu être espacées pendant le reste de l'intervention et que leurs effets étaient mieux tolérés.

La surveillance per-opératoire continue de la pression artérielle sur oscilloscope a paru utile pour détecter toute tendance au collapsus, et éventuellement compenser assez exactement les pertes sanguines. La pression

artérielle est mesurée par un fin cathéter de polyéthylène, introduit dans l'artère fémorale superficielle découverte chirurgicalement.

Le chiffre de pression artérielle maxima est habituellement compris entre 80 et 100 mm de Hg.

Les instruments utilisés ont été finalement peu nombreux ; leur finesse est une qualité essentielle.

- Nous avons d'abord utilisé les loupes binoculaires (x 2,5) comme système de grossissement optique.

Nous n'avons disposé d'un microscope opératoire (American Optical type Cycloptic 53 ML 2, à quatre oculaires) qu'en fin d'expérimentation. Les cas où il a été utilisé seront signalés.

- Les instruments chirurgicaux eux-mêmes, comprennent :

. un couple de pinces à disséquer, aux extrémités recourbées, fines et sans griffes (Adler),
. un crochet mousse,
. des ciseaux très fins, courbes (de Martel),
. un bistouri à lame pointue et fine,
. une seringue armée d'une aiguille intradermique recourbée à 60°,
. un porte-aiguille fin : un porte-aiguille usuel à anneaux et à mors très fins a d'abord été utilisé ; une porte-aiguille ophtalmologique, assez analogue à celui proposé par JACOBSON, a été adopté par la suite.
. des clamps temporaires, comprenant :

.. des clamps "bull-dog" fins, sertis de caoutchouc sur leurs mors,

.. des clips de "Skoville" qui existent en deux tailles différentes : 1 cm de long et 1 mm de large ; 1 cm de long sur 2 mm de large. Le système de fermeture est représenté par un petit ressort de torsion qui autorise une application douce.

Ces clips sont visibles sur la photographie n° 6.

- Enfin, nous avons choisi comme fil de suture la soie 6/0 Ethicon, sertie à chaque extrémité d'une aiguille ronde de 9 mm et d'un tiers de cercle de courbure. Bien que plus fragile que les fils synthétiques, la soie est, à diamètre égal, infiniment plus souple. C'est là une qualité très appréciable, et qui nous a semblé primordiale.

III. - Prélèvement, conservation des greffons

Structures artérielles en présence (7)

Les artères cérébrales utilisées ont été prélevées 2 à 4 jours après la mort, sur des cadavres ayant séjourné en armoire frigorifique.

Le polygone de Willis et les gros troncs efférents étaient disséqués et soigneusement dépouillés de leur gaine conjonctive péri-adventicielle ; les collatérales étaient liées à la soie ou au dacron 6/0. Les artères étaient alors rincées une première fois au sérum physiologique pour chasser de leur lumière tout enduit cruorique. Un second rinçage était ensuite effectué avec une solution de sel mercuriel dilué (Cialit*). A une dilution au 1/5000e utilisée dans les premières expériences, nous avons secondairement préféré une dilution au 1/25000e, tout aussi efficace sur le plan bactéricide, mais moins aggressive pour les tuniques artérielles.

Après ce second rinçage, l'artère était placée dans un flacon contenant une solution analogue de Cialit. Le récipient, hermétiquement bouché, était alors placé à une température de 4°C.

La suture de ces artères à l'aorte du Lapin allait anastomoser une artère de ce type élastique (aorte) à une artère de type musculaire (artère cérébrale).

Nous rappellerons schématiquement les principales structures histologiques en présence.

- L'aorte de Lapin présente une média formée essentiellement de fibres élastiques, et contenant peu de fibres musculaires. La limitante élastique externe est inconstante.

- Les artères cérébrales sont plutôt de type musculaire. La média est formée de fibres musculaires à agencement circulaire. Son épaisseur est faible comparativement aux artères périphériques de même calibre (le 1/10e de son dia-

* Cialit des Laboratoires ASID (Munich).

mètre, soit 250 µ pour une artère de 2,5 mm). La limitante élastique externe fait défaut et le tissu élastique est représenté par l'unique limitante élastique interne (5 µ) sur laquelle repose directement une couche de cellules endothéliales.

REMPLACEMENTS SEGMENTAIRES

PAR

ANASTOMOSES TERMINO-TERMINALES.

Nous avons d'abord réalisé dans 4 cas, l'interposition simple d'un greffon d'artère cérébrale.

Nous avons choisi pour ce type d'intervention le premier segment de la sylvienne ou de la cérébrale postérieure. Le greffon, sorti de la solution de conservation, était rincé au sérum physiologique hépariné, à raison de 50 mg/50 ml.

L'aorte abdominale était disséquée et séparée de la veine cave inférieure, dont la situation chez le lapin est variable : tantôt à droite, tantôt à gauche, tantôt double. Elle était contrôlée en amont et en aval sur une longueur de 4 cm environ, par un fil de Nylon 0. Deux ou quatre collatérales lombaires étaient alors liées au dacron 6/0.

Juste avant le clampage aortique d'amont et d'aval, 5 mg d'héparine en solution étaient injectés dans l'aorte, grâce à une seringue munie d'une aiguille intradermique.

L'aorte abdominale était alors sectionnée suivant une direction oblique à 45° par rapport à l'axe longitudinal de l'artère. Compte tenu de la rétraction artérielle et du caractère non extensible du greffon, très fragile, 0,75 cm d'aorte étaient réséqués pour un greffon de 2 cm.

Après irrigation des deux extrémités aortiques avec la solution de sérum hépariné, la suture était menée successivement aux deux extrémités : deux hémi-surjets non passés pour chaque suture.

La technique est classique. Pose des deux fils d'angle. Le fil du côté de l'aide est noué. Un fil tracteur est passé à la partie moyenne des lèvres antérieures. Le surjet est mené de l'aide vers soi, en ayant soin de faire une prise fine et symétrique sur les deux berges. Les clamps sont retournés et la deuxième moitié de la suture est menée de façon identique. La suture du haut,

Figure 1.

faite la première dans le temps opératoire est aussi la plus délicate car le bout d'aval du greffon est libre et flottant. Pour plus de commodité, il peut être maintenu par une pression douce du doigt de l'aide qui l'applique sur le rachis, ou être intubé sur un cathéter.

Les durées ont été en moyenne de 20 minutes pour chaque suture. Actuellement, elles ont pu être abaissées généralement à dix minutes, grâce à l'entraînement.

Le temps de clampage aortique total moyen a été de 50 minutes.

Une telle anastomose termino-terminale est visible sur la Figure 1.

La fourche aortique est à la partie haute de la photo.
Le bout de l'index ganté, qui écarte le péritoine pariétal postérieur, constitue un repère pour apprécier la dimension des vaisseaux (2,5 mm à 3 mm de diamètre).

Fig. 2

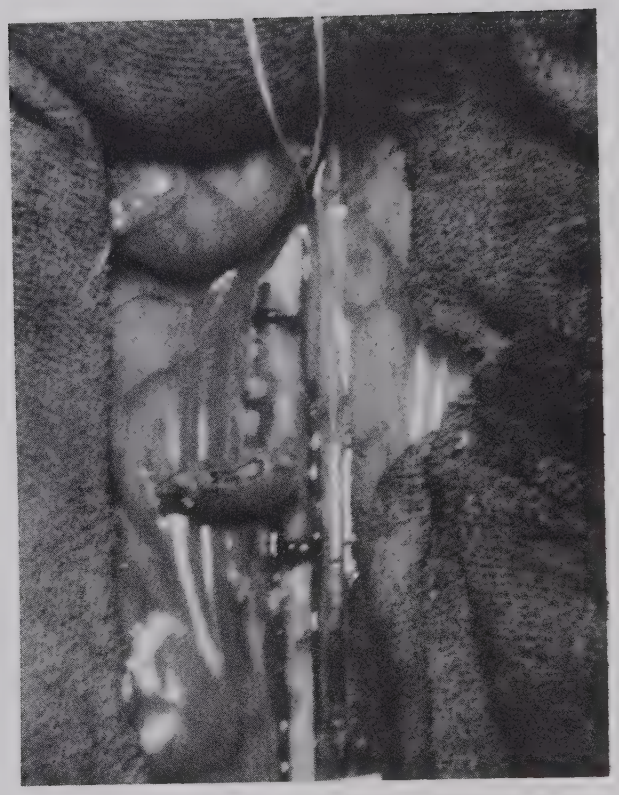
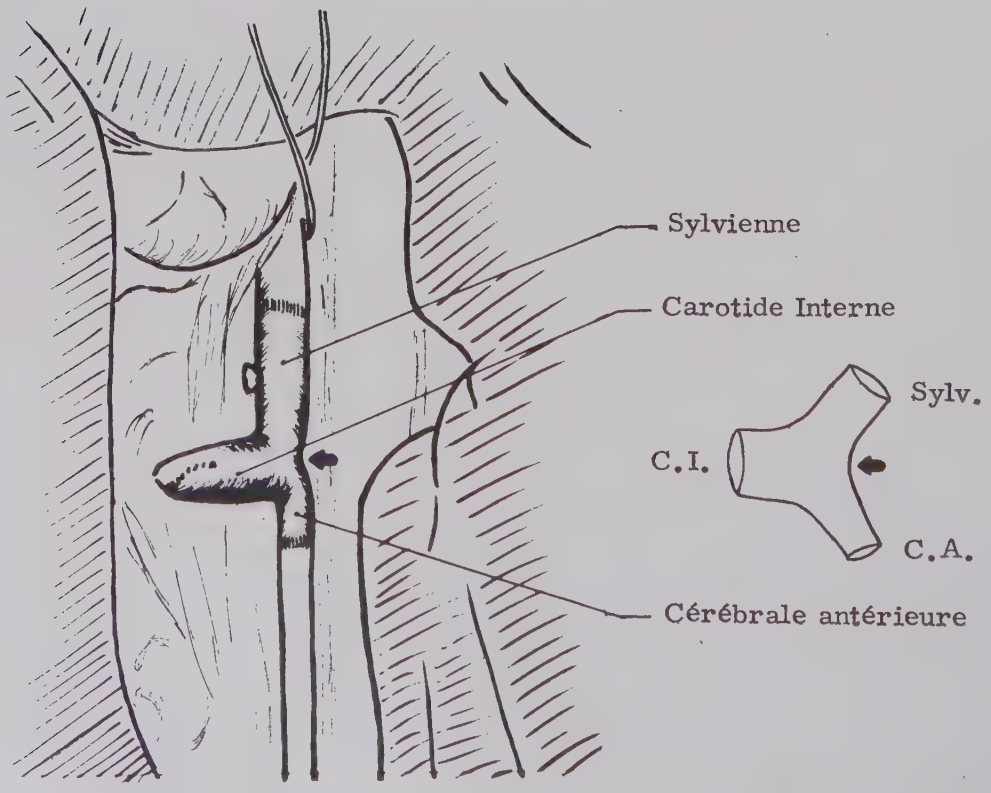


Fig. 2 bis



Anévrysme en place

ANEVRYSMES EXPERIMENTAUX

I - Réalisation

Nous avons utilisé la disposition anatomique suivante :

- La bifurcation de la carotide interne supra clinoïdienne en artère sylvienne et artère cérébrale était prélevée par section de ces 2 derniers vaisseaux à 1,5 cm de leur origine, en moyenne. La carotide interne, coupée au niveau de son émergence clinoïdienne, était liée ou suturée au dacron 6/0.

- L'aorte de lapin était préparée et sectionnée comme précédemment pour une anastomose termino-terminale.

- On procédait alors comme suit :

  . suture termino-terminale de l'extrémité sylvienne sur l'aorte d'amont,

  . suture termino-terminale de l'extrémité cérébrale antérieure, de plus faible calibre, sur l'aorte d'aval (Figures 2 et 2 bis).

- La longueur respective des deux segments était choisie selon les cas afin d'ouvrir au maximum l'angle obtus formé par la bifurcation en deux vaisseaux de la carotide interne. Au déclampage cet angle n'était jamais parfaitement aplani. Il persistait toujours une légère encoche (flèche Figure 2 bis)

- Ainsi se trouvait créé un sac anévrysmal à paroi faite d'artère cérébrale humaine, implanté par une base large (3 mm) sur une artère de petit calibre (2,5 mm). Cette ectasie artificielle rougeâtre, battante et expansive, reproduisait parfaitement l'aspect de la malformation telle qu'elle se présente chez un opéré (figure 2).

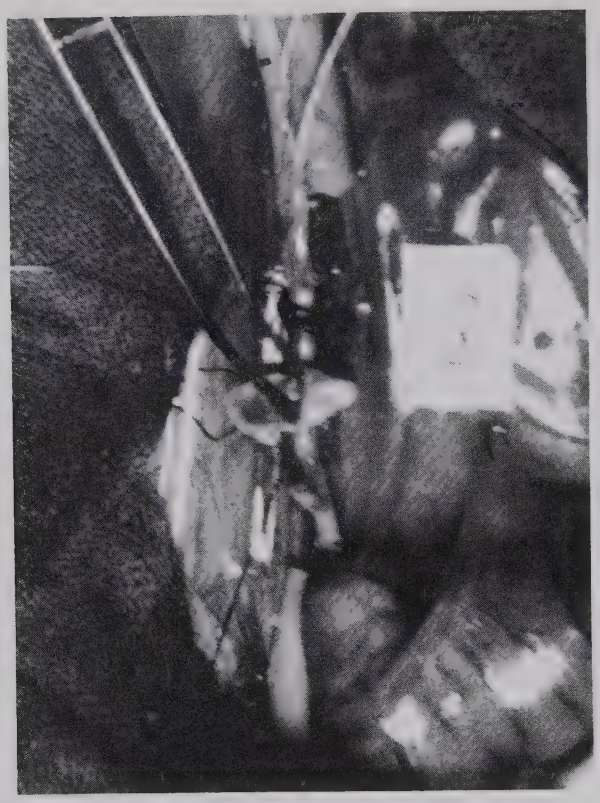


Fig. 3

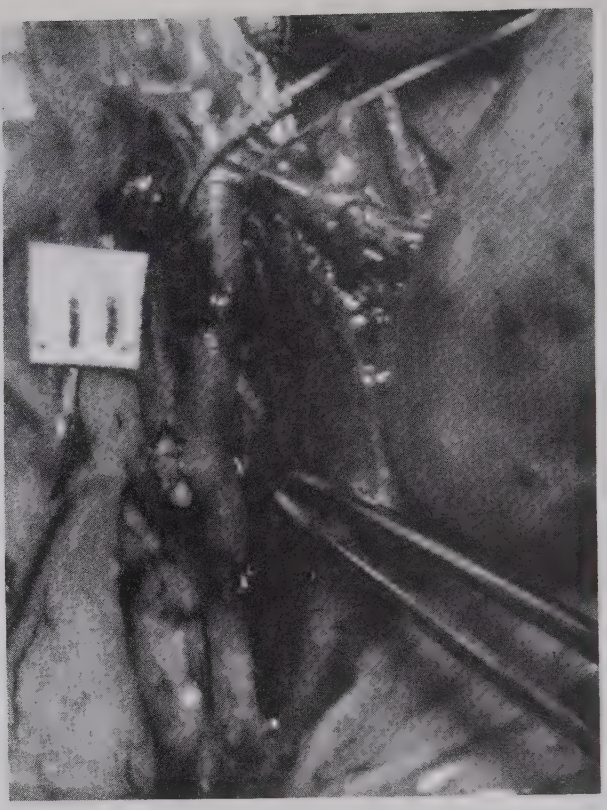


Fig. 4

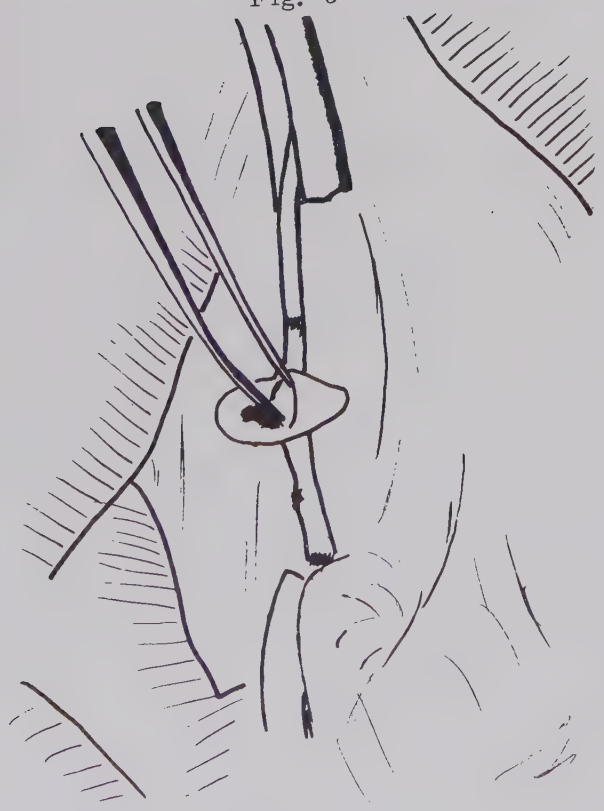


Fig. 3 bis

"Sac ouvert" avec ses deux "oreilles"

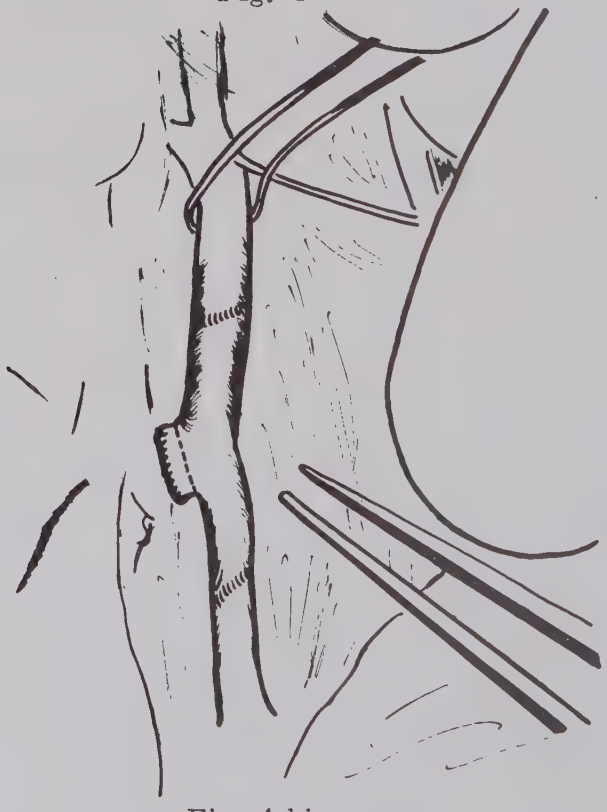


Fig. 4 bis

Anévrysmorraphie terminée
(fermeture par double surjet : surjet en U
surjet non passé)

II. - Procédés de fermeture

Nous avons étudié trois procédés de fermeture sur 4 anévrysmes :

- 2 fermetures ont été faites par un anévrysmographie linéaire,
- 1 par un patch,
- 1 par ligature simple du collet au nylon 2/0.

1 - Dans tous les cas, après clampage d'amont et d'aval, l' "anévrysme" est ouvert longitudinalement dans l'axe de l'artère. On arrête l'incision de la paroi du sac à un millimètre environ du collet. Deux "oreilles" sont ainsi artificiellement créées. Les caillots formés dans le sac sont alors aspirés avec un micro-suceur en tube de polyéthylène très fin. La lumière du greffon est rincée au sérum hépariné.

La figure 3 montre l'image de l' "anévrysme" ouvert. Les oreilles sont rabattues de part et d'autre. Une pince fine est introduite dans l'orifice qui représente l'implantation du sac anévrysmal sur le vaisseau.

2 - Fermeture proprement dite

a - Suture du collet à la soie 6/0 (deux cas)

Deux fils d'angle sont placés aux 2 extrémités en piquant de la lumière du vaisseau vers l'extérieur (des fils doublement sertis sont donc nécessaires). Le fil d'aval est noué. Grâce à la traction douce sur les oreilles avec une pince, il est possible de coudre sans traumatiser aucunement le vaisseau. Le surjet est double : à l'aller c'est un surjet en U ; au retour, un surjet non passé. Le surplus de tissu au niveau des oreilles est coupé progressivement suivant une ligne horizontale pour garder un tracteur jusqu'au dernier moment, et ne jamais pincer le vaisseau lui-même.

Ce surjet est dérivé de celui de BLALOCK pour la fermeture de l'aorte thoracique.

Pour cette anévrysmoraphie, la durée moyenne de suture a été de 15 minutes, celle du clampage aortique de 20 minutes.

La figure 4 montre ce type de réparation, qui ne diminue nullement le calibre de l'artère.

b - Ligature au nylon 0 du collet (un cas)

Elle a nécessité un clampage aortique de 5 minutes.

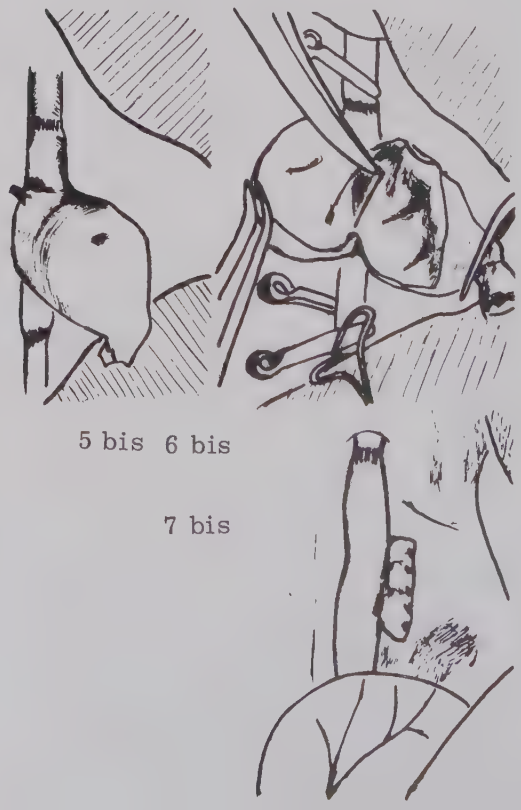
c - Pose d'un fragment prothétique ou "patch" (un cas)

Dans le 4e cas, nous avons utilisé un "patch" prélevé sur une artère cérébrale humaine conservée. Comme pour une artérioplastie de répération ou d'élargissement, 4 fils d'angles sont passés. La suture est menée de l'aval vers l'amont, et du patch vers le greffon. La prise sur le greffon est double dès que possible transfixiant la paroi artérielle du greffon et l'oreille de l'anévrysme. Là encore le patch est mis en place sans traumatiser la paroi artérielle. Les deux oreilles pourraient être rabattues en paletot comme renforcement.

Pour cette anévrysmoraphie, la durée de suture fut de 20 minutes, celle du clampage aortique de 30 minutes.

Fig. 5 Anévrysme "vrai" greffé

Fig. 6 Ouverture du sac



5 bis 6 bis

7 bis

PERFUSION D'UN ANEVRYSME HUMAIN REEL

La chance a voulu qu'un des hexagones de Willis que nous avons prélevés soit porteur d'un anévrysme non rompu. Il s'agissait d'un anévrysme géant englobant la carotide interne supra-clinoïdienne et sa bifurcation. Cette poche débutait très peu après la sortie du sinus caverneux, et donnait naissance à la cérébrale antérieure, la cérébrale moyenne et la communicante postérieure. Il existait en une région inhabituelle, sur la fourche de la bifurcation, une grosse plaque d'athérome.

Nous avons donc prélevé cet anévrysme, et réalisé les mêmes connexions que dans l'expérience précédente.

Cette fois par contre l'ectasie était réelle, la carotide interne liée au sommet de la malformation.

La figure 5 montre l'anévrysme greffé en place.

La figure 6 illustre l'ouverture du sac anévrysmal. On peut remarquer à la partie haute de la photo la présence de deux clips de "Skoville" et d'un autre à la partie basse, sous le ciseau. Ils réalisent l'hémostase temporaire.

La figure 7 permet de voir la réparation achevée par une anévrysmorraphie linéaire, exécutée par un double surjet. On peut remarquer là encore, la trace de la bifurcation en regard de la réparation. Cet endroit était le siège d'un athérome important.

Fig. 8 Anévrysme bifurcation (préparation)

Fig. 9

Fig. 10

ANEVRYSME EXPERIMENTAL D'UNE BIFURCATION VASCULAIRE

Les anévrysmes des bifurcations posent fréquemment des problèmes complexes en raison de leur connexion étroite avec les branches de division vasculaires.

Nous avons pensé qu'il serait bon d'en réaliser pour se familiariser avec leur difficultés propres.

I. - Anévrysme type "bifurcation sylvienne"

La photographie n° 8 illustre le début de l'intervention. La fourche aortique du lapin est clampée. Une incision horizontale a été faite qui déborde de chaque côté sur le premier millimètre des artères iliaques primitives.

En bas et à gauche de l'image se trouve un greffon d'artère cérébrale conservée, dont le fond est fermé par un clip temporaire. Il va être amené près de l'artériotomie, et y sera suturé par deux hémi-surjets.

Au déclampage l'aspect est celui de la figure 9. On voit l'ectasie saillir entre les 2 iliaques primitives.

Fait important, cet anévrysme expérimental peut être utilisé en deux variétés :

- soit anévrysme d'une bifurcation, libre de connexion avec les branches de division ; (Fig. 10)
- soit anévrysme au contact d'une de ces branches. Pour ce faire un fil de nylon est lié au sommet de l'anévrysme comme on le voit sur la figure 9, il est passé sous l'artère iliaque primitive gauche. Si ce fil est tiré l'ectasie est alors collée tant contre cette artère réalisant une forme "délicate" d'anévrysme d'une bifurcation.

Quatre anévrysmes de ce type ont été réalisés.

Fig.11 - Ouverture en corolle.

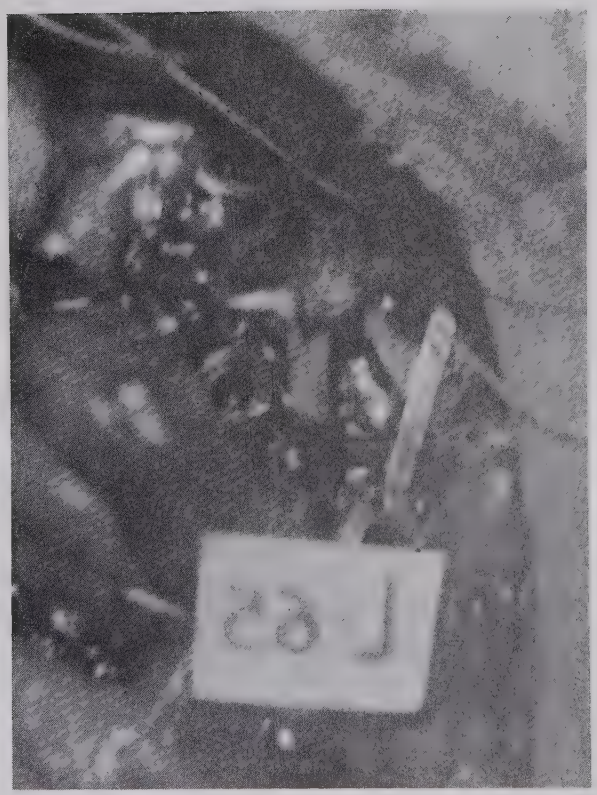


Fig. 13 - Fermeture par un patch

Fig. 12 - Fermeture par oreille

1 - L'un a été fermé par anévrysmoraphie linéaire ; ceci a été possible dans la mesure où le greffon cérébral implanté avait été préparé de telle façon qu'il reste une collerette de tissu autour de sa base d'implantation. Il avait donc été mis en place comme un "patch". L'anévrysmoraphie linéaire ne créait donc pas de sténose.

Dans les 3 autres cas ceci aurait été impossible.

2 - Deux anévrysmes ont été fermés par une "oreille" (ce qui finalement revient à mettre un patch). On peut voir figure 11 le sac d'un tel anévrysme, ouvert en 3 portions (et non en 2 afin d'éviter la sténose et d'ouvrir en "corolle" le sac).

L'oreille postérieure inférieure gauche a servi à la fermeture (figure 12). Les 2 autres oreilles sont prêtes pour un renforcement éventuel.

3 - Un anévrysme a été fermé par un patch d'artère cérébrale humaine conservée. La figure 13 montre le patch en cours de fixation.

II - Anévrysme type vestigial de la carotide interne

Quatre anévrysmes de ce type ont été réalisés.

La technique de préparation ne diffère de la précédente que par l'incision aortique. Celle-ci est verticale, au-dessus de la bifurcation aortique. L'anévrysme naît donc à angle droit d'un tronc artériel qui se bifurque, rappelant en celà un anévrysme vertigial.

On peut voir un tel anévrysme sur la figure 14, et comparer avec celui de la figure.

Un de ces anévrysmes expérimentaux a été fermé par un patch, les autres avec une oreille, ce qui revient à employer un patch dont la première moitié serait déjà cousue lors de sa réalisation.

III - Remplacement de la fourche aortique du lapin par la première bifurcation sylvienne.

Au cas où un anévrysme d'une bifurcation englobe totalement celle-ci une thérapeutique radicale ne peut envisager que le remplacement de cette bifurcation vasculaire.

Fig. 14 (Anévrysme type vestigial)

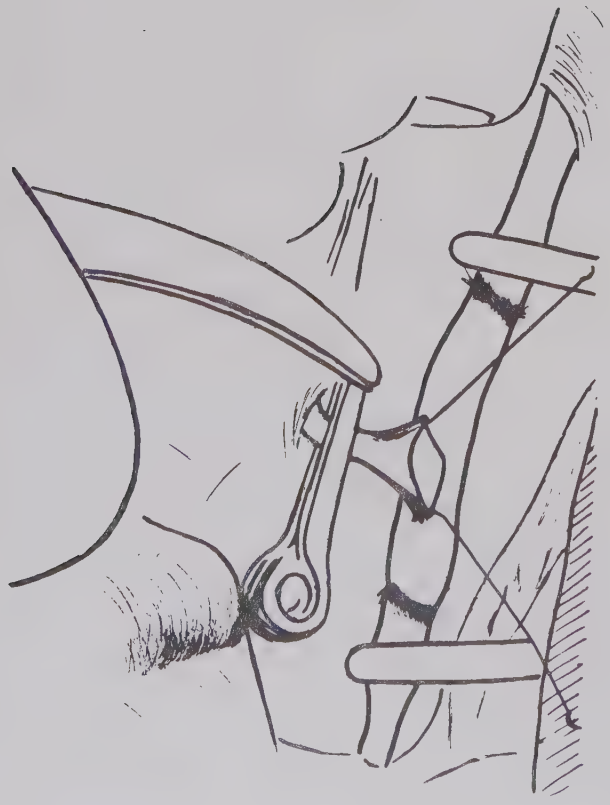
Dans cet esprit, nous avons réalisé deux fois le remplacement de la fourche aortique du lapin par la bifurcation sylvienne.

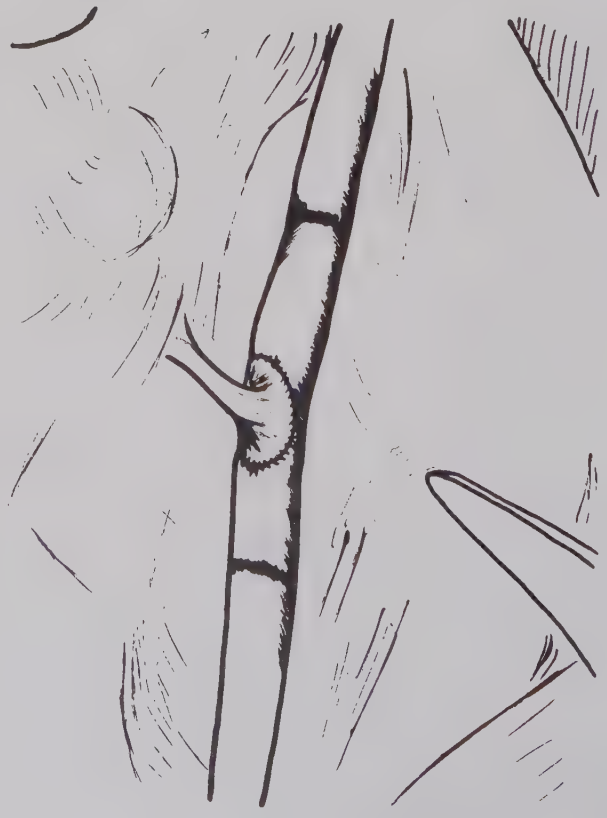
Le tronc sylvien était suturé à l'aorte et chacune des branches de division était anastomosée à l'iliaque primitive correspondante.

Ces deux interventions ont été faites sous microscope (grossissement x 5 et x 7,5).

Fig. 15

Fig. 16





REIMPLANTATION D'UNE COLLATERALE

Au cas où le remplacement complet d'un segment artériel serait un jour réalisable en chirurgie vasculaire intra-crânienne, un obstacle majeur resterait à franchir. Si d'aventure une ou plusieurs branches collatérales naissaient du segment pathologique, leur sacrifice serait suivi, compte tenu de leur importance fonctionnelle, d'un déficit significatif.

Nous avons étudié la possibilité de réimplantation de collatérales en ayant particulièrement à l'esprit cette éventualité. Pour ce faire l'artère mésentérique inférieure du lapin (0,8 mm.) a été réimplantée sur un greffon cérébral humain.

Six lapins ont été opérés. Le microscope (x 5) a été utilisé pour ces interventions.

La figure 15 permet de comprendre le principe de l'intervention.

- Dans un premier temps un fragment d'artère cérébrale humaine conservée est interposé sur l'aorte du lapin, comme dans la figure. Après la réalisation de ce pontage termino-terminal, la circulation est alors rétablie pendant 15 minutes (le segment aortique réséqué intéresse 4 mm. de part et d'autre de l'implantation de l'artère mésentérique inférieure).

- Puis la circulation est de nouveau interrompue par clampage aortique d'amont et d'aval. Le greffon est incisé longitudinalement sur 6 mm. L'artère mésentérique inférieure est réimplantée comme un "patch" grâce à la collerette de tissu laissée en place autour de son origine aortique.

Sur la figure 15 on voit l'artère mésentérique inférieure ; un clip temporaire empêche le saignement rétrograde. Une pince présente le clip. L'artère n'est encore réimplantée que pour moitié, l'hémi-surjet antérieur reste à faire.

Sur la figure 16 la circulation a été rétablie. On voit le greffon tendu, sur lequel est réimplanté la mésentérique inférieure, parfaitement perméable, on la voit disparaître et s'enfoncer dans le mésocôlon.

Dans deux cas nous avons pu réimplanter par cette technique, une mésentérique inférieure dédoublée, représentée par deux vaisseaux voisins ayant une origine séparée sur l'aorte.

Type d'intervention	Nombre de cas	Survie en jours	Thrombose	Durée Moyenne de l'intervention	Durée Moyenne du Clampage Aortique
Anastomose termino-terminale	4 cas	1 j. 3 j. 23 j. 17 j.	oui	3 h.	50'
Anévrysme expérimental (y compris anév. humain réel)		4 j. 5 j. 2 j. 2 j. 2 j.	oui	3 h.	60'
Anévrysme des bifurcations type sylvien type vestigial	8 cas	11 j. 32 j. 34 j. 57 j. 7 j. 42 j. 16 j. 31 j.	non	1 h. 30	30'
Remplacement fourche aortique	2 cas	2 j. 2 j.	oui	3 h.	70'
Réimplantation Mésentérique Inférieure	6 cas	2 j. 19 j. 2 j. 4 j. 3 j. 13 j.	oui	2 h.-2 h. 15	45 - 60'
Lapins témoins Anesthésie seule	2 cas	31 j. 15 j.	non	1 h.	0
Clamp. aort. simple	1 cas	38 j.	non	1 h. 30	55'

Tableau récapitulatif

des interventions vasculaires sur le Lapin

RESULTATS - DISCUSSION

Cette expérimentation avait essentiellement pour but au départ d'être menée de façon aiguë. Savoir si une artère cérébrale présentait une étoffe propre à une micro-suture, être certain qu'une telle suture n'allait pas céder sous l'impulsion systolique, tels étaient les deux points dont il semblait indispensable de s'assurer avant de passer à la suture in situ sur le cadavre.

Toutefois, il nous a paru intéressant de rapporter aussi les résultat à plus long terme dans la mesure où ils permettent de préciser un certain nombre de points utiles.

I - Résultats immédiats

Les montages effectués avec des greffons artériels humains conservés dans le Cialit ont permis de s'assurer que la suture des artères cérébrales était tout-à-fait réalisable. La dilution de Cialit au 1/25.000 fournit des greffons faciles à "travailler" dans la mesure où leur lumière (artérielle) reste béante. A l'inverse une dilution au 1/5.000 amollit considérablement la paroi vasculaire et confère aux greffons un aspect de veine. Il est probable que la dilution au 1/25.000 altère de façon beaucoup moins sensible les éléments conjonctivo-élastiques de soutien. Une étude histologique comparative est en cours pour préciser les modifications structurales des greffons avant et après leur séjour dans le milieu de conservation.

Cet apprentissage de la suture d'artères cérébrales humaines au laboratoire a été fait dans des conditions d'exposition anatomiques très favorables, chez un animal dont le temps de coagulation globale sur lame ou tube capillaire est en moyenne de deux minutes. Techniquement les résultats ont toujours été satisfaisants durant l'intervention sauf dans un cas qui a été exclu. Il s'agit du premier remplacement segmentaire termino-terminal, qui s'est acidé par une thrombose sur table, alors que les sutures étaient techniquement satisfaisantes.

La cause de cet échec semble très bien avoir été la thrombose du système vasculaire d'aval (caillots dans les fémorales) à l'issue d'un clampage aortique de près d'une heure. C'est à la suite de ce déboire, que 5 mg. d'héparine ont été systématiquement injectés dans l'aorte avant clampage.

Dans le cadre de cette expérimentation, en prenant l'habitude de manier le vaisseau cérébral conservé, nous avons diminué nos durées opératoires de moitié environ. Au début, une intervention comme une anastomose termino-terminale demandait trois heures d'anesthésie et cinquante minutes de clampage aortique, dont 20 minutes pour chaque suture. A la fin de la série, la même intervention, comprenant en plus la réimplantation de l'artère mésentérique inférieure sur le greffon, n'exigeait plus que deux heures d'anesthésie et 50 minutes de clampage, dont 12 minutes pour chaque anastomose termino-terminale et 15 minutes pour le patch. Il faut dire qu'entre temps une série de 20 transplantations hétérotopiques de coeur de Rat, en position abdominale, réalisées au microscope avait constitué un entraînement supplémentaires très précieux.

Ces temps d'exécution ont une grosse importance, car outre des facteurs vasculaires propres qui vont être envisagés, la durée de l'anesthésie et du clampage aortique ont sûrement une influence déterminante sur les délais de survie. Une anesthésie ne se prolongeant pas au-delà de 1 heure 30, un clampage aortique n'excèdant pas 30 minutes, sont des éléments très favorables.

II - Résultats à plus long terme. Facteurs vasculaires

1 - Tous les remplacements artériels segmentaires

(Remplacement d'un segment artériel, anévrysme simulé par branchement de la bifurcation carotidienne, réimplantation de l'artère mésentérique inférieure) est abouti à une thrombose.

a - Cliniquement une telle thrombose se manifeste par l'apparition secondaire d'une paralysie du train arrière, ou par l'absence de récupération de la faiblesse des pattes habituelle les premières heures qui suivent un clampage aortique prolongé. Elle entraîne généralement la mort en quelques jours.

b - L'autopsie a permis de mettre en évidence une thrombose siègeant uniquement sur le greffon, mais occupant toute sa longueur : la figure 17 montre une anastomose termino-terminale ouverte. Le greffon entre les 2 flèches (débarrassé des caillots frais) a un endothélium qui a été très remanié par la thrombose.

Fig. 17

Fig. 18

Fig. 19

c - L'examen histologique (Dr. DEMAY) a permis d'affirmer le caractère pré-mortem de cette thrombose.

2 - Tous les remplacements se soldant finalement par un patch sur l'aorte, avec du tissu artériel cérébral humain conservé (anévrysme d'un bifurcation, anévrysme type vestigial), n'ont donné lieu à aucune thrombose.

a - Les durées de survie ont été comparables à celles d'animaux témoins (Cf. tableau) (par exemple 2 lapins ont été soumis à une anesthésie simple sans intervention chirurgicale, l'un uniquement à l'éther, l'autre à l'éther avec prémédication. Le premier a survécu 31 jours, le second 15 jours. Un autre animal a subi une intervention très simple : contrôle et clampage de l'aorte abdominale pendant 55 minutes, après héparinisation régionale (5 mg.) anesthésie à l'éther ne dépassant pas une heure. Il a survécu 38 jours, sans paraplégie).

b - A l'autopsie, l'intima aortique et celle du greffon étaient en continuité parfaite dans tous les cas vérifiés, au-delà de 15 jours de survie.

Les figures 18 et 19 montrent 2 de ces patchs après ouverture longitudinale des vaisseaux.

c - A l'examen histologique, hormis quelques modifications adventicielles, l'endothélialisation semblait bonne. Voici par exemple un compte rendu typique : "Le patch est de structure normale, en continuité parfaite avec la paroi artérielle. Seule existe dans l'adventice une réaction inflammatoire granulomateuse subaiguë autour des points de suture" (Dr. DEMAY).

d - Cependant il s'est avéré quasi impossible de conserver des lapins opérés pendant de très longues périodes d'observation post-opératoire ; mais nous pensons que ce fait est dû à des conditions d'hébergement défectueuses. En particulier la population du clapier a semblé frappée d'infections respiratoires épidémiques. Chez de nombreux animaux des images pneumoniques ont été décelées à l'examen histologique des poumons. Une épidémie "grippale" caractérisée fut notamment responsable de la mort de 5 animaux en quelques jours.

3 - Ces résultats semblent s'accorder avec les données de la littérature.

a - Remplacements segmentaires

- JACOBSON et coll. ont essayé, comme on l'a vu, d'interposer sur des artères de 3 mm., des greffons en teflon de calibre identique. Dix huit tentatives se sont soldées par dix sept thromboses.

D'après ces auteurs le processus de néo-endothélialisation inéluctable sur ces prothèses inertes serait responsable d'une diminution de la lumière artérielle au-dessous d'un seuil critique. La thrombose serait due à l'importance du dépôt fibrino-cruorique, générateur de l'endothélium néoformé, sur la paroi de la prothèse.

- Les greffons d'artère cérébrale utilisés dans le cadre de cette étude nécessitaient sûrement une endothélialisation.

Le prélèvement tardif après la mort (au-delà de 48 heures) peut être responsable à lui seul d'altérations endothéliales.

Le mode de conservation pourrait être incriminé également. Le Cialit, sel mercuriel, a la propriété de supprimer la vie cellulaire d'un tissu qui lui est confié, tout en lui conservant sa structure histologique, du moins dans ses grandes lignes. Cette action rend compte de l'excellent pouvoir bactériostatique de ce sel, capable d'inhiber la prolifération d'une culture microbienne, à des dilutions aussi faibles que celles de 1/25.000.

Les greffons cérébraux conservés par le Cialit étaient bactériologiquement stériles, mais réduits au rang de prothèse inerte.

Le simple examen au grossissement X5 de l'endothélium des greffons, montrait le plus souvent l'existence de stries allongées dans l'axe du vaisseau, et dans aucun cas ne montrait l'aspect d'un endothélium lisse.

Pour ces deux raisons (prélèvement tardif, et mode de conservation) l'endothélialisation secondaire était probablement inéluctable. Ainsi s'explique sans doute la survenue constante des thromboses sur la longueur du greffon. L'occurrence de ces thromboses a sans doute été facilitée par la brièveté du temps de coagulation du Lapin, et par l'absence de tout traitement anti-coagulant post-opératoire. En effet en matière d'hétérogreffe, la thérapeutique anti-coagulante post-opératoire est un facteur de succès très important, même à l'échelle des gros vaisseaux. L'héparine (5 mg.) injectée dans l'aorte avant clampage avait pour but unique d'empêcher la thrombose du lit vasculaire d'aval pendant l'arrêt circulatoire. Elle était neutralisée par une dose correspondante de sulfate de protamine en fin d'intervention.

- Les travaux de GROSS, BILL et PIERCE (40) ont bien montré que les conditions les meilleures pour la conservation des greffons vasculaires sont les suivantes :

. prélèvement six heures après la mort ;

. observance stricte des règles d'asepsie :
. immersion dans une solution de Hanks à 4°C.

Dans ces conditions l'endothélium n'a pas le temps d'être altéré par la prolifération bactérienne post-mortem. Le tissu vasculaire, gardé au froid dans une solution physiologique et équilibrée, reste "vivant". Il faut entendre par là qu'il est possible de réaliser à partir du greffon conservé, une culture de tissu pendant les 30 premiers jours de conservation.

Ainsi l'absence d'altérations endothéliales marquées supprimerait ou atténuerait le processus de néo-endothélialisation que nous croyons nuisible.

- En ce qui concerne le protocole expérimental utilisé ici, ces conditions idéales n'étaient pas réalisables :

. il était impossible de prélever aseptiquement des artères cérébrales humaines dans les six heures suivant la mort ;
. il n'était pas souhaitable de conserver ces artères bactériologiquement souillées dans le liquide de Hanks, en raison de la prolifération microbienne qui n'aurait pas manqué de se produire dans ce milieu ;
. Une solution de rechange nous est apparue à la fin de ce travail. Elle est directement inspirée de certaines méthodes de conservation employées en Chirurgie Cardiaque pour les hétérogreffes valvulaires aortiques et préconisées par notre collègue CARPENTIER (18). L'artère "stérilisée" par un court séjour dans une solution à base de Cialit, est ensuite conservée dans un milieu nutritif proche parent du milieu de Hanks. Un indicateur de pH coloré, rend compte de la survenue éventuelle d'une souillure microbienne, par un changement de couleur significatif. Mais même avec ce deuxième mode de conservation, comme les artères cérébrales étaient.

Prélevées tardivement après la mort, elles étaient porteuses d'altérations endothéliales inéluctables. Il faut aussi remarquer l'origine hétérologue des greffons vasculaires, et suspecter, malgré le "conditionnement" par le sel mercuriel, l'intervention de facteurs immunologiques plus ou moins nocifs.

Nous étions au début de cette étude expérimentale intéressé par la provenance humaine des artères cérébrales. Dès lors que leur suture chirurgicale s'est

avérée possible, les artères animales nous conviendront désormais. Ainsi nous espérons que le prélèvement précoce et le transfert immédiat dans un milieu nutritif refroidi, permettront des résultats éloignés satisfaisants en matière de remplacement segmentaire, dans la mesure où une néo-endothélialisation ne s'avèrera pas nécessaire. Mais il est exclu d'utiliser des greffons homologues, car les artères sécérébrales du Lapin sont trop petites. Il est possible qu'en l'absence de conditionnement les facteurs immunologiques prennent un rôle plus important.

b - Les "patchs" confectionnés avec un greffon conservé peuvent voir leurs résultats interprétés en suivant un raisonnement analogue.

L'apposition d'un tissu mort, en tant que patch, suscite sur une portion limitée de la circonférence artérielle un processus de néo-endothélialisation, donc peu de réduction de la lumière artérielle par l'enduit fibrino-histiocytaire. L'importance de ce processus est directement fonction de la qualité de l'intima de l'artère conservée.

L'absence de thrombose sur les patchs et dans les assimilés, est en bon accord avec cette hypothèse. Cependant il faut aussi probablement tenir compte de la vitesse élevée du flux sanguin dans l'aorte, et de la rareté très générale des thromboses sur patch aortique.

Au total :

Cette étude nous a fourni l'occasion d'un entraînement à la micro-chirurgie vasculaire ; elle nous a permis de suturer des artères cérébrales humaines, de les soumettre ensuite à une épreuve circulatoire in vivo. Des anévrysmes expérimentaux ont été créés et les problèmes de réparation qu'ils soulèvent ont été abordés ; enfin l'étude des résultats à long terme a conduit à prévoir l'adoption d'un procédé de conservation artérielle différent et destiné à supprimer les inconvénients de l'emploi d'un sel mercuriel.

Au terme de cette discussion, nous envisagerons, afin de mieux situer le cadre de cette étude, les anévrysmes expérimentaux rapportés dans la littérature.

Les anévrysmes expérimentaux

De nombreux auteurs ont fait part de leurs tentatives pour reproduire expérimentalement des anévrysmes.

- HUNTER et CRUICKSHAND (cités par GERMAN et BLACK) auraient été les premiers il y a deux siècles à essayer sans succès de produire une ectasie artérielle, par destruction de l'adventice et de la média.

- En 1954, GERMAN et BLACK (36, 37), produisent de façon simple des anévrysmes sacculaires sur la carotide cervicale du Chien. Un segment de veine jugulaire homologue est implanté en termino-latéral sur la carotide, par un surjet éversant à la scie, grâce à une incision en V pointant sur l'aval. Une étude hémodynamique ultérieure a permis de préciser que si la valeur du rapport volume du sac anévrysmal, sur volume du collet (1) n'excède pas 23,6, le sac anévrysmal peut rester perméable et visible sur une angiographie pendant plusieurs mois. Si ce rapport excède 28,3 la thrombose est presque certaine. Le maintien de la perméabilité à longue échéance est un fait intéressant mais non très surprenant puisqu'il s'agit d'une homogreffe fraîche.

Cette réalisation d'anévrysmes a été mise au point par ses auteurs dans le but essentiel d'étudier l'hémodynamique à l'intérieur d'une poche anévrysmale. Ils purent établir que la vitesse de circulation à l'intérieur d'une poche anévrysmale est inversement proportionnelle à son volume. Ainsi plus le volume de la poche est grand comparativement à l'orifice d'abouchement sur l'artère nourricière, plus lent sera le flux, ce qui augmente les chances de thromboses. La valeur chiffrée des rapports cités plus haut résume ces données.

Si l'on pouvait un jour apprécier assez exactement sur des angiographies le volume d'une poche anévrysmale et de son collet, des déductions très utiles pourraient être tirées. On pourrait ainsi prévoir si une ligature de la carotide au cou à des chances ou non de succès dans le traitement d'un anévrysme (vestigial par exemple).

- Le procédé de GERMAN et BLACK a été repris par de nombreux auteurs qui désiraient étudier au laboratoire la possibilité de produire une thrombose de la poche anévrysmale tout en gardant le vaisseau nourricier perméable. C'est ainsi que l'action des courants électriques de basse intensité, l'injection de matière plastique à l'intérieur de la poche, l'utilisation d'un aimant pour retenir de la limaille de fer en suspension dans la poche, ont fait tour à tour l'objet d'études. Un procédé nouveau a été utilisé parallèlement à celui de GERMAN et

---

Note : En réalité, volume du cylindre , dont la base est constituée par l'orifice d'abouchement.

BLACK, lors de l'étude de l'action des courants électriques de basse intensité : la fémorale profonde du Chien est liée 2 cm environ après son origine ; ainsi se trouve créée une poche anévrysmale, branchée sur le tronc nourricier que forment les artères fémorales commune et superficielle en continuité l'une avec l'autre.

- En 1961, WHITE et coll. (99) ont produit des ectasies expérimentales sur les artères cérébrales du Chien, la carotide interne supra-clinoïdienne en l'occurrence (calibre 1,5 mm).

Leurs réalisations expérimentales s'inspire des travaux de Mac CUNE (1953)., A l'époque cet auteur avait pu créer des anévrysmes expérimentaux sur l'aorte du Chien grâce à une injection de "moutarde à l'azote" dans la paroi artérielle. Cette ectasie aboutissait à la rupture qui survenait suivant la concentration du produit utilisé, entre le 4e et le 28e jour post-opératoire.

Au niveau de la carotide intracrânienne chez le Chien, il importe, pour que se produise une modification de type anévrysmal de la paroi artérielle, de traverser toutes les tuniques de la paroi vasculaire avec une aiguille très fine (aiguille intradermique). Conformément aux conclusions de GLYNN (39) un vaisseau dont l'intima est intact peut supporter une pression de 600 mm de Hg sans rupture), la création d'une solution de continuité au niveau de l'intima est une condition nécessaire mais non suffisante.

Il faut y ajouter l'injection, dans la paroi artérielle d'un produit à visée irritative ou nécrosante. Les moutardes à l'azote se sont révélées beaucoup trop aggressives aux doses utiles. D'autres produits trop inoffensifs n'ont pas donné satisfaction : tels l'hyaluronidase, le Plasmocid, le sérum salé isotonique. Seul le sérum salé hypertonique a permis d'obtenir des lésions histologiques des parois artérielles, de type anévrysmal : "la média est alors remplacée par un tissu de dégénérescence fibreuse, la fenêtre créée par l'aiguille à travers la limitante élastique interne se trouve considérablement agrandie".

- HASSLER en 1963, (43) enfin, signalait l'apparition de dilatation anévrysmale sur le polygone de Willis du Lapin, lors de la simple ligature unilatérale de la carotide. Cette ligature bouleverse en effet la répartition habituelle des zones de faiblesse médiales et de renforcement intimales (coussins), répartition qui dépend directement de l'incidence du courant sanguin.

A la suite de la ligature unilatérale de la carotide au cou, on retrouvait de très importants défauts de la média, en particulier à la terminaison du tronc basilaire et à la jonction entre la carotide interne et la communicante postérieure. Parmi ces défauts de la média, six d'entre eux présentaient à leur niveau une saillie prononcée de la paroi artérielle avec disparition de la membrane élastique interne et saillie anévrysmale.

Finalement la production d'anévrysmes expérimentaux a obéi jusqu'à maintenant à deux motivations très différentes :
tantôt il s'agit de réaliser une poche anévrysmale initialement perméable qui permette d'étudier l'incidence des thromboses spontanées ou provoquées à l'intérieur de la poche ;
tantôt il s'agit d'étudier l'étio-pathogénie des anévrysmes intracrâniens.

Le procédé qui a été employé dans notre travail se situe entre ces deux extrêmes. A notre connaissance, aucun anévrysme expérimental dont le vaisseau nourricier et la poche soient constitués par du tissu artériel cérébral humain n'a jamais été réalisé expérimentalement. Par ailleurs il ne semble pas que l'étude de la fermeture d'un anévrysme expérimental grâce à des microsutures ait été faite préalablement. La méthode que nous proposons est satisfaisante pour une étude technique, en expérimentation aiguë. Malheureusement pour des raison de conservation, les résultats à longue échéance sont décevants. Une amélioration des procédés de conservation, et le prélèvement plus précoce après la mort de l'animal, permettront peut être une perméabilité à longue échéance, et l'étude angiographique des différents types d'anévrysmorraphies. De toute façon ce procédé ne serait qu'une étape. La création chez le Singe soumis à une hypertension artérielle expérimentale, d'ectasies intracrâniennes par la méthode de WHITE et al. représenterait un procédé particulièrement séduisant.

APPLICATIONS A LA CHIRURGIE HUMAINE DES ANEVRYSMES ARTERIELS INTRACRANIENS

I. - Généralités

Le traitement des anévrysmes artériels cérébraux est une entreprise bien délicate.

HARVEY CUSHING lui-même déclarait en 1922 à l'occasion d'un Congrès à Londres, que selon toute probabilité ces malformations resteraient inaccessibles à tout traitement chirurgical.

Depuis DANDY, qui ouvrit l'ère de cette chirurgie, de nombreux progrès ont été accomplis surtout après 1950. Mais une solution vraiment satisfaisante reste à trouver. L'affrontement périodique entre l'abord direct et les méthodes d'abstention en est un stigmate évident. Hormis quelques cas bien particuliers ou la ligature de la carotide au cou se trouverait indiquée, cette querelle devrait tourner court si les résultats post-opératoires étaient plus satisfaisants. Malheureusement la mortalité avoisine souvent 20 %, sans parler des séquelles lourdes qui grèvent nombre de survies. Ce lourd tribut, parfois payé par des malades sans aucune symptomatologie focale avant l'intervention, constitue un argument de poids pour les abstentionnistes ou les partisants des méthodes indirectes. Toutefois (LOUGHEED), (63) tous les malades porteurs d'un anévrysme, qui ont refusé l'intervention sont morts dans les deux ans d'une recurrence hémorragique.

A côté des lésions pré-opératoires (hématome, ischémie sévère) les fautes ou les difficultés techniques semblent supporter pour une large part la responsabilité des échecs pos-opératoires. (48), (75), (87), (77), 100.

II. - Difficultés techniques actuelles dans le traitement des anévrysmes intracraniens

Elles peuvent schématiquement être rapportées à trois ordres de faits qui concernent respectivement :

- les procédés habituels de traitement du sac anévrysmal ;
- les conditions de l'abord de la lésion et du contrôle temporaire de l'hémostase ;
- la mise en oeuvre de procédés plastiques, de réparation vasculaire.

1/ Le traitement du sac anévrysmal

comporte une technique classique : la pose d'un clip, et des techniques diverses, d'un emploi moins fréquent et moins bien codifié.

a - La pose d'un clip

C'est le moyen le plus usuel et le plus commode pour oblitérer un collet anévrysmal.

Cependant de nombreux reproches peuvent lui être adressés :

- Inclus entre les deux mors d'une pince spéciale, il ne peut être placé que selon un axe dont le maximum d'inclinaison formerait un angle de 45° avec la verticale au point d'application.

- Aucun modèle de port-clip (clip définitif) n'a été mis au point pour permettre la pose dans un plan perpendiculaire à la verticale du point d'application.

- Lors de la pose, la pince porte-clip étant dans l'axe du regard du chirurgien, masque plus ou moins le vaisseau ou le segment vasculaire à oblitérer.

Cette description, qui se défend d'etre un procès, explique pourquoi nombre d'anévrysmes à collet large ou mal situé sont difficiles voire impossibles à traiter par cette technique.

b - Techniques diverses

Elles ont été conçues pour pallier les difficultés rencontrées dans l'emploi des clips vasculaires, et se proposent, soit d'oblitérer le collet du sac, soit d'en renforcer les parois, soit encore d'y favoriser l'apparition d'une thrombose.

- La ligature du collet à la soie :

elle n'est valable que si le diamètre du collet anévrysmal est inférieur au diamètre du vaisseau nourricier. Sinon son action sténosante sur le tronc principal est certainement dangereuse.

- Les procédés d'enrobement : (44, 67)

ils laissent en place l'ectasie mais se proposent de la "renforcer" par du muscle, de la gélatine, ou ce qui est pire des adhésifs tissulaires du type Eastman 910 monomer. On sait que ce produit aggressif a tendance à détruire l'adventice et la média des artères, tout en respectant leur tunique élastique (*). Comme la paroi des sacs anévrysmaux est généralement dépourvue ou presque de tissu élastique, on conçoit aisément le danger de l'adhésif, du moins tant que des produits moins agressifs n'auront pas été synthétisés.

- Les procédés qui escomptent créer une thrombose de la poche recourent à des moyens ingénieux et variés :

. en piquant des cheveux avec un révolver à cheveux dans le fond anévrysmal (!) ; (32)
. en piquant une aiguille chauffante dans l'anévrysme (Walker) (4)
. en injectant dans la poche de la limaille de fer en suspension qui doit être maintenue en place par un électroaimant durant 24 heures (méthode stéréotaxique) ; (4)
. en appliquant à l'anévrysme un dipôle alimenté par un courant de très faible intensité (68)
. en injectant un produit synthétique à l'intérieur du sac anévrysmal (35).

2/ L'abord de la lésion si le contrôle temporaire de l'hémostase

Ils posent des problèmes délicats quelle que soit la technique employée à l'égard du sac.

Par exemple, et c'est le cas le plus fréquent, la pose du clip en elle-même délicate, au ras d'une artère fragile de petit calibre, sur laquelle la moindre erreur de plus de 1 mm a de grandes chances d'entraîner une thrombose est souvent effectuée dans des conditions défavorables.

---

* Note : Outre la toxicité vasculaire, les adhésifs ont une neurotoxicité accentuée.

En effet si le chirurgien n'ouvre pas toujours le sac pour en chasser les caillots, qui pourraient s'y trouver (et risqueraient de migrer dans la lumière artérielle à la pose du clip), en revanche le sac s'ouvre souvent spontanément.

Comme actuellement l'arrêt circulatoire encéphalique n'est pas encore systématiquement employé en neuro-chirurgie, c'est dans une cavité bouillonnante de sang, aspiré à toute hâte par deux aspirateurs vigoureux, dans des conditions de visibilité très défectueuse que l'on est amené à poser un clip dont on sait les insuffisances.

Des mains expérimentées et habiles arrivent souvent à se tirer à leur honneur et à l'avantage de leur patient de cette situation inconfortable.

Mais qui opérerait un anévrysme de l'aorte abdominale sans s'assurer de la possibilité d'un champ exsangue par clampage de l'aorte d'amont et d'aval ?

Ce problème est sans doute infiniment moins simple quand il s'agit des artères à destinée encéphalique.

Rappelons cependant qu'il est actuellement possible d'obtenir un champ exsangue en neuro-chirurgie. Ce problème sera débattu dans le dernier chapitre consacré à l'arrêt circulatoire.

3 - Procédés de chirurgie plastique vasculaire

De même une fois capable de maîtriser à tout moment l'hémorragie, intervient-on sur un anévrysme de l'aorte abdominale sans être en mesure de faire une angioplastie ?

Cette considération donne toute sa valeur à la réussite technique de deux équipes neuro-chirurgicales : CAMPBELL et BURKLUND (1953) (17) qui ont suturé des collets anévrysmaux ; CARTON et coll. (22) qui ont pu réparer par un patch collé une perte de substance sur la carotide interne supra-clinoïdienne.

Ces nécessités techniques qui sont restées isolées et sans doute méconnues de beaucoup, nous semblent très importantes car elles annoncent peut-être une chirurgie réparatrice idéale. Elles justifient à elles seules, les travaux qui viseraient à les faire passer dans la pratique quotidienne, en leur retirant leur caractère d'exception.

a - Micro-suture dans le traitement des anévrysmes intra-crâniens chez l'Homme.

CAMPBELL et BURKLUND (1953) (17) ont eu l'immense mérite, à une époque ou la micro-chirurgie n'existait pas encore, de poser les principes essentiels de la cure des ectasies, à l'occasion de l'abord d'anévrysmes sylviens.

- Ils insistent à juste titre semble-t-il sur les points les plus cruciaux :

. abord large centré sur le ptérion, cet abord permettant un double accès aux vaisseaux sylviens, par voie sous-frontale et par voie temporale après résection du pôle temporal ou évacuation d'un hématome ;

. contrôle du tronc sylvien d'amont par une soie 2/0 avant toute manipulation ou dissection du sac ; cette soie de contrôle était passée dans un oeillet porté par une tige métallique dont la conception se rapproche du pied de biche ; la traction douce sur le fil et la contre extension fournie par l'oeillet mousse procuraient un clampage temporaire, selon un système analogue à celui des "tourniquets vasculaires" ; moins traumatisante (à l'époque) que les clips temporaires, cette manière de faire permettait un clampage et un déclampage aisé, sans traction excessive sur le vaisseau ; l'intervention étant menée sans hypothermie, les périodes d'arrêt circulatoire de 3 minutes étaient espacées par des périodes de recirculation ;

. ouverture du sac, systématique, afin d'en chasser les caillots éventuellement présents ; GIBBS (380) a d'ailleurs, depuis, à nouveau insisté sur ce détail important ;

. fermeture du collet en tenant compte des conditions anatomiques locales :

si le collet se prête à l'application de clips, leur simplicité et la rapidité de leur application en font des auxiliaires de choix,

au contraire, si le collet est large, mal situé, si une ou plusieurs branches vasculaires importantes sont englobées de façon inextricable, il est préférable : soit d'exciser l'anévrysme et de suturer son collet par un surjet simple non passé, soit d'ouvrir le sac et de le remplir de muscle en le refermant par des points transfixiants, soit enfin de faire une endo-anévrysmoraphie intra-sacculaire ; cette dernière éventualité ne serait réalisable que dans les anévrysmes de grande taille.

- Mettant ces principes à exécution, ces auteurs ont pu faire état de 4 anévrysmoraphies. Nous allons envisager ces quatre cas. L'état clinique préopératoire et les suites de l'intervention seront relatés afin que la technique opératoire ne soit pas incriminée sans contexte de référence, dans l'appréciation des résultats post-opératoires.

. Cas n° 1 :

Clinique : ce cas est celui d'une femme de 46 ans, atteinte d'hémorragie méningée avec des signes de localisations : hémiparésie gauche, extinction sensitive à gauche, hémianopsie latérale homonyme gauche.

L'apparition de troubles de la conscience après encéphalographie gazeuse fait poser l'indication opératoire.

L'intervention : elle a lieu 10 jours après l'épisode hémorragique initial.

Après résection du pôle temporal, l'anévrysme, méconnu à l'artériographie, est retrouvé lors de l'intervention "exploratrice". Il est de la taille d'une cerise et naît 4 cm. après la bifurcation carotidienne. Son collet est court, adhère intimement aux branches afférentes et efférentes du vaisseau nourricier, et englobe une branche collatérale de 1 à 2 mm. de diamètre.

Le sac anévrysmal est excisé puis suturé à la soie 5/0 par un surjet simple.

Pendant cette intervention le tronc sylvien d'amont a été clampé pendant 20 minutes, en normothermie, en raison de problèmes techniques et hémorragiques.

Les suites post-opératoires immédiates seront défavorables : la malade décèdera 24 heures plus tard sans que ses troubles de la conscience se soient améliorés.

L'autopsie : découvrira un oedème cérébral important, avec hernie temporale. La lumière de la cérébrale moyenne n'est pas obstruée, en particulier au niveau de la suture.

. Cas n° 2

Clinique : il s'agit d'un homme de 33 ans ; deux épisodes d'hémorragie méningée sont survenus en six jours sans entraîner de signes neurologiques en foyer.

Une artériographie carotidienne gauche met alors en évidence un anévrysme sylvien gauche, de 3 cm. de diamètre, situé à 2 cm. de la bifurcation carotidienne.

L'intervention : qui prend place après la récurrence hémorragique, permet d'exposer après résection du pôle temporal, un anévrysme dont le collet large, mais individualisé sur une hauteur très limitée, inclut au moins une branche importante.

Il est impossible de contrôler les troncs nourriciers afférent et efférent. On tente alors de mobiliser le sac. A l'occasion de ces manoeuvres, il se rompt au niveau du dôme.

Le contrôle de l'hémorragie est très difficile. Toutefois le chirurgien parvient à passer un fil de bourse à l'intérieur du sac près du collet anévrysmal. D'autres bourses viendront compléter cette endo-anévrysmoraphie intra-sacculaire.

Les suites opératoires immédiates seront médiocres. Le lendemain de l'intervention, un déficit hémisphérique gauche massif était apparu :

hémiplégie droite à prédominance bracchio-faciale, syndrome aphaso-apracto-agnosique.

Les suites plus éloignées : tous les signes devaient s'estomper en quelques jours pour le déficit moteur, en quelques semaines pour les autres signes.

Dix mois après l'intervention, seul persistera un trouble de la dénomination. Malgré tout le malade n'a pas repris son travail antérieur (ingénieur).

. Cas n° 3 :

Clinique : il concerne un homme de 54 ans. Il s'agit d'une hémorragie méningée, sans signes neurologiques en foyer. On relève un oedème papillaire précoce et bilatéral.

L'artériographie carotidienne gauche met en évidence un anévrysme sacculaire sylvien gauche situé à 2 cm. de la bifurcation carotidienne.

L'intervention : se situe 12 jours après l'accident hémorragique. Le collet anévrysmal est de hauteur si réduite qu'il est impossible de la clipper. De plus il inclut une branche collatérale de 1 ou 2 mm. Le sac anévrysmal contient des caillots. Après excision qui laisse en place 3 mm. de collet, un surjet non passé à la soie 5/0 réalise une anévrysmoraphie linéaire.

Les suites opératoires immédiates furent excellentes pendant les 24 premières heures. Quarante huit heures après l'intervention, apparaissait un syndrome hémisphérique gauche avec aphasie. Une réintervention éliminait l'existence d'un hématome, mais rencontrait un important oedème cérébral. Les vaisseaux sylviens battants semblaient tout-à-fait perméables.

Les suites plus éloignées : le syndrome déficitaire devait régresser en partie puisque 8 mois après l'intervention persistaient seuls un léger déficit droit et un trouble de la dénomination.

. Cas n° 4 :

Clinique : il concerne un homme de 42 ans, présentant un état dépressif récent, dont le caractère organique fut heureusement reconnu par le psychiatre. Trois mois auparavant cet homme s'était plaint brutalement de maux de tête, de raideur de la nuque, de phosphènes.

L'artériographie carotidienne bilatérale montre alors un anévrysme sylvien du côté droit, d'undiamètre avoisinant 2 cm., et situé à 2 cm. de la bifurcation carotidienne.

L'intervention : a lieu environ environ 3 mois après l'épisode hémorragique initial.

Le collet de l'anévrysme est large, il est en rapport étroit avec trois branches collatérales.

Le sac est excisé ; on laisse en place une collerette de 3 mm. de haut autour de l'orifice d'abouchement de la poche, qui va permettre la fermeture plastique du vaisseau nourricier grâce à un surjet non passé à la soie 5/0. Par ce biais les 3 branches collatérales ont pu être respectées malgré leur proximité.

Les suites opératoires immédiates et à distance seront excellentes. Huit mois après l'intervention le malade a récupéré de façon complète. Ses troubles psychiques ont totalement disparu. Il a repris son travail.

- Discussion :

Les cas étant rapportés dans l'ordre chronologique, il paraît y avoir une progression dans la qualité des résultats (décès dans le premier cas, résultats moyens avec séquelles dans les 2 cas suivants, excellent résultat dans le dernier cas). Faut-il y voir l'effet d'un simple hasard ? Faut-il imaginer l'amélioration rapide d'une technique à ses débuts ?

. Le facteur technique :

La réalisation des anévrysmoraphies linéaires par un surjet non passé à la soie 5/0 ne semble pas en apparence avoir posé des problèmes délicats à leurs auteurs. Aucune mention n'est faite d'une difficulté de suture ; aucun détail n'est donné concernant l'instrumentation utilisée. Quant à la durée exigée par une anévrysmoraphie de ce type, aucun chiffre précis n'est relaté. Il n'est pas impensable que les auteurs n'aient pas voulu révéler certains artifices techniques personnels. Cependant il apparaît que le problème de la suture elle-même ne vient qu'en quatrième position dans l'explication de certains déboires opératoires. Il faut citer les facteurs qui le précèdent : sévérité de l'état neurogique pré-opératoire ; difficultés du contrôle temporaire de l'hémostase, incidence fréquente de l'oedème cérébral post-opératoire.

. Sévérité de l'état neurologique :

Il faut remarquer que dans le cas n° 1 l'intervention a eu lieu 10 jours après le saignement méningé à la suite d'une altération rapide de la conscience après une encéphalographie gazeuse. L'évolution fatale ne surprend pas outre mesure.

Dans les cas n° 2 et n° 3, dont les suites à distance sont grevées de séquelles neurologiques, l'intervention n'est placée dans les 15 premiers jours suivant l'hémorragie. Toutefois il n'existait pas de déficit en foyer ou de troubles de la conscience pré-opératoires. D'autres facteurs sont donc responsables de l'évolution défavorable.

. La gravité de "l'oedème cérébral".

A l'époque, peu de moyens existaient pour lutter contre la turgescence et la tumescence cérébrale. A l'heure actuelle il est vraisemblable que les complications qui ont émaillé des suites des cas n° 2 et n° 3 auraient pu être

considérablement réduites. D'ailleurs la taille d'un large volet décompressif enlevé dans deux cas a été de toute évidence bénéfique (cas n° 2 et n° 4).

. Les problèmes du contrôle temporaire de l'hémostase

Ils sont certainement à l'origine de beaucoup de déboires. Dans deux cas (1 et 2) les auteurs ont échoué dans le contrôle préalable de la sylvienne d'amont, soit par erreur, soit par impossibilité à atteindre le tronc en raison de la disposition de l'ectasie. Dans les deux cas les résultats ont été médiocres. Dans les deux autres cas (3 et 4) ce contrôle a été satisfaisant. Les résultats s'en ressentent apparemment. Selon toute vraisemblance le clampage des axes vasculaires du cou aurait facilité l'abord de la sylvienne en amont de la malformation dans les cas n° 1 et n° 2. L'hypothermie aurait été indiquée, mais nous y reviendrons.

Quoiqu'il en soit, cette analyse rend admiratif à l'égard de CAMPBELL et BURKLUND, pionniers à une époque où la chirurgie vasculaire périphérique n'avait pas atteint son développement actuel.

b - Technique de collage dans le traitement d'un anévrysme intra-crânien chez l'Homme.

CARTON et al. (22) ont rapporté en 1962, une situation opératoire au cours de laquelle ils ont dû, la main forcée, tenter de réparer une carotide interne humaine.

- Les auteurs intervenaient sur un anévrysme de la carotide interne supra-clinoïdienne droite.

. Cas

Clinique : le malade âgé de 61 ans, n'avait présenté aucun signe de localisation à la suite de son hémorragie méningée.

L'intervention était menée par voie sous-frontale droite cinq jours après l'accident hémorragique.

La carotide interne supra-clinoïdienne était le siège d'un important athérome qui débutait 3 mm. après sa sortie du sinus caverneux, et se terminait au niveau de sa bifurcation.

La pose de clips sur le collet anévrysmal devait aboutir vu la fragilité vasculaire locale, à une déchirure. Dès lors une perte de substance circulaire existait sur la carotide interne.

Devait-on clipper ce vaisseau ou tenter une réparation ?

Les auteurs entraînés à la technique des patchs collés en chirurgie expérimentale décidèrent d'opter en faveur de la seconde solution.

Un fragment de dure-mère fut alors collé sur la perte de substance dont les berges avaient été rapprochées. Il s'agissait donc d'un patch linéaire ; une pièce collée à la manière d'une pastille ("roof patch") aurait été moins sténosante. Un second patch dit de renforcement fut apposé comme dans la technique expérimentale sur les 3/4 de la circonférence artérielle. Une petite plaie vasculaire, survenue au lieu d'application du clip temporaire carotidien obligea à mettre une seconde pièce collée plus petite, à son niveau.

Vingt cinq minutes de clampage au total furent nécessaires.

Les suites opératoires immédiates furent grevées par une hémiplégie gauche incomplètement régressive, puisque seule l'atteinte crurale s'estompa.

L'artériographie de contrôle post-opératoire montrait une carotide interne strictement perméable avec une bonne injection de la sylvienne droite. Il existait toutefois un rétrécissement au niveau de la zone réparée, dont l'interprétation est difficile car l'artériographie pré-opératoire objectivait déjà une sténose (spasme ?) à ce niveau, en amont du collet anévrysmal.

- Discussion

Cette intervention angioplastique constitue pour ses auteurs un argument de poids en faveur des méthodes adhésives. Les séquelles auraient été probablement plus lourdes en l'absence de réparation.

III - Conclusion - Résumé

Dans ce chapitre nous avons d'abord rapporté notre travail sur les anévrysmes expérimentaux d'artères cérébrales humaines, leur production et leur réparation, grâce aux techniques micro-chirurgicales.

Puis nous avons comparé ces résultats avec ceux de la littérature.

Enfin cinq cas cliniques ont été analysés parce qu'il suggèrent que ces efforts au laboratoire pourraient peut-être trouver une application fréquente en neuro-chirurgie vasculaire chez l'Homme.

oOo

SUTURE DE LA CAROTIDE INTERNE INTRACRANIENNE IN SITU

APPLICATION A LA CHIRURGIE DES OBSTRUCTIONS ARTERIELLES AIGUES INTRACRANIENNE : REVUE DE LA LITTERATURE ET SUGGESTIONS

Chapitre III

I - Suture de la carotide interne supra-clinoïdienne chez le cadavre

L'étude expérimentale au laboratoire conduite sur les artères cérébrales humaines conservées nous avait prouvé que ces vaisseaux étaient suturables, ou du moins que leur texture se prêtait parfaitement à une suture à condition d'observer les quelques précautions élémentaires de micro-chirurgie courante.

Mais de là à suturer les artères in situ dans le crâne, il y a un pas. C'est ce pas que nous avons tenté de franchir.

Notre ambition se bornait à étudier la possibilité de suturer la carotide supra-clinoïdienne (calibre 3 mm.) avec l'arrière pensée d'une embolectomie à ce niveau. La mise au point de ces interventions expérimentales a été réalisée sur onze cadavres frais.

Nous avons ainsi appris à suturer une artériotomie longitudinale sur la carotide interne. L'incision tracée sur la face antéro-externe de la carotide supra-clinoïdienne, s'étendait sur la plus grande partie de sa hauteur s'arrêtant à 1,5 à 2 mm. du sinus caverneux en bas, 1,5 à 2 mm. de la bifurcation carotidienne en haut. La fermeture d'une artériotomie transverse a été aussi effectuée. L'incision transversale sur la carotide était située au-dessus du départ de la communicante postérieure. La largeur était telle qu'elle dépassait généralement la demi-circonférence de l'artère.

Vu le temps qui s'est montré nécessaire pour aplanir nombre de difficultés, nous n'avons pas été en mesure de tenter la réparation d'une section complète de la carotide supra-clinoïdienne, ni de mettre un patch..

Les sutures ont été réalisées avec des loupes binoculaires (X grossissement 2,5), à la soie 6/0 ou au tevdek 7/0, par des surjets :

- surjet simple non passé pour l'artériotomie longitudinale ;
- surjet éversant pour les artériotomies transverses.

La fermeture d'une artériotomie longitudinale est plus aisée que celle d'une artériotomie transverse large. Dans ce dernier cas en effet la difficulté est assez grande pour mettre en place les points d'angle et débuter le surjet.

A la fin de cet entraînement les durées de fermeture avoisinaient 10 à 15 minutes pour l'artériotomie longitudinale et s'échelonnaient entre 15 et 30 minutes pour l'artériotomie transverse selon les cas.

La suture d'artères saines de sujets jeunes est relativement aisée. Par contre, sur ces artères athéromateuses, la suture est très délicate. Le surjet ne saurait être conseillé. En effet, si le passage de l'aiguille de la lumière de l'adventice vers l'intima décolle la paroi athéromateuse, la fragmente et la prolabe dans la lumière vasculaire.

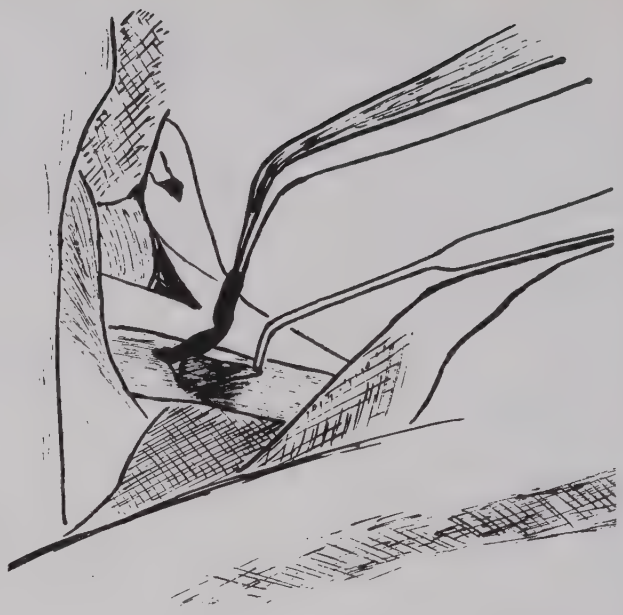
Deux solutions semblent alors possibles pour pallier cette grave difficulté :

- soit l'endartérectomie si la plaque est bien limitée, la suture est alors aisée sur une artère à paroi fine ;
- soit, si l'endartérectomie s'avère impossible, la suture à points séparés, avec aiguillées doublement serties, ce qui permet de piquer toujours le vaisseau de dedans en dehors.

Pour illustrer cet apprentissage, nous avons effectué et photographié une intervention sur un cadavre de 69 ans, de sexe féminin.

- La voie d'abord est une voie sous-frontale externe. L'incision durale dégage F_2, F_3, le pôle temporal et les 3 premiers centimètres de la vallée sylvienne dans sa deuxième portion oblique en haut et en arrière.

- Cinq centimètres cubes de sérum physiologique sont alors injectés dans la vallée sylvienne par voie sous-arachnoïdienne, pour recréer l'illusion du vivant ; un écarteur soulève le lobe frontal ; une spatule mousse ouvre les



La carotide interne, visible le long du nerf optique, est ouverte longitudinalement. Un crochet mousse est introduit dans la lumière artérielle. On voit le caillot lors de son extraction par une pince.

Fig. 20

Pièce d'endartérectomie (en haut) reproduisant le moule de la bifurcation de la C.I. intracranienne.
Caillot (en bas)

Fig. 21

citernes de la base et met à nu la carotide interne en dehors du nerf optique ; la vallée sylvienne est alors ouverte en partant de la carotide, dans son premier segment transverse en ménageant les collatérales artérielles.

- De proche en proche, on libère la bifurcation carotidienne et le premier centimètre des deux branches terminales, cérébrale moyenne et cérébrale antérieure.

- Cet abord a été fait à droite, puis à gauche :

A droite.

La carotide interne était le siège d'un cylindre d'athérome de consistance pierreuse, dépassant de très peu la bifurcation sur laquelle il s'épuisait. La carotide interne fut alors ouverte selon l'incision verticale habituelle. Il existait dans la lumière artérielle un caillot frais non adhérent, caillot post-mortem en regard du cylindre d'athérome. Cette disposition anatomique très intéressante nous a permis de réaliser successivement une embolectomie et une endartérectomie (figure 21).

Sur la figure on peut voir : la pièce d'endartérectomie qui reproduit un moule assez fidèle de la carotide interne et de sa bifurcation, ainsi que le caillot retiré (en bas de la figure).

L'artère a été alors refermée par un surjet non passé à la soie 6/0.

A gauche.

l'exploration devait montrer, fait remarquable, des lésions absolument symétriques, tout à fait comparables à celles du côté droit. Là aussi une embolectomie et une endartérectomie furent effectuées. L'incision artérielle verticale fut laissée ouverte.

Le cliché de la suture in situ de la carotide droite est de qualité si médiocre qu'il a été impossible de le soumettre au tirage.

Nous présentons donc cette suture sur le cerveau, une fois enlevé la boîte crânienne. C'est d'ailleurs de cette façon que la qualité des sutures a été contrôlée après chaque "intervention".

La figure 22 permet la comparaison entre les deux carotides internes droite et gauche :

- à droite, la carotide suturée est tenue par une pince,
- à gauche, l'incision verticale non suturée est béante.

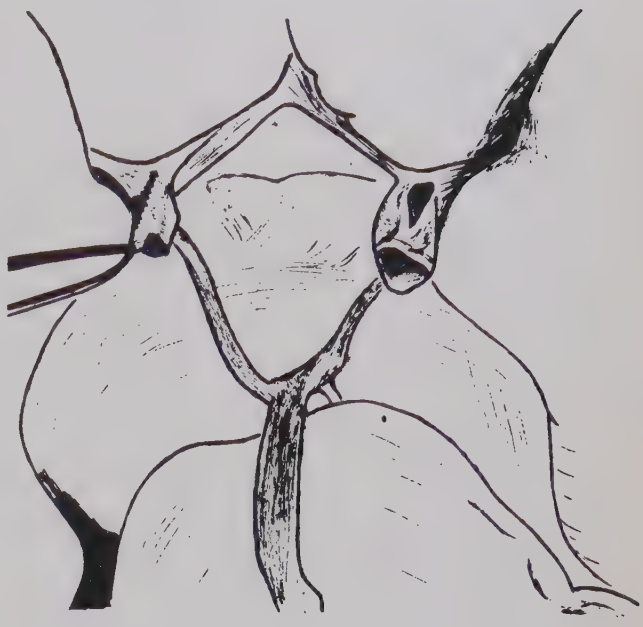


Fig. 22 A droite : carotide suturée, tendue par une pince.
A gauche: carotide non suturée, incision verticale béante.

Carotide droite ouverte longitudinalement. Versant intimal de la suture.

Fig. 23

La figure 23 montre la carotide interne droite qui a été ouverte longitudinalement. La suture est visible sur la face intimale de l'artère.

- Au total, il semble donc techniquement possible d'extraire un caillot bloqué dans cette région, ou d'intervenir sur une plaque d'athérome localisée avec obstruction en regard (carotide interne supra-clinoïdienne et sa bifurcation).

II - De la fréquence des obstructions intracrâniennes siègeant sur la carotide interne et ses branches de division.

Fort peu de cas ont été publiés dans le monde, qui aient trait à la levée d'un obstacle sur une artère intracrânienne, par artériotomie et réparation.

Pourtant il semble bien que de nombreuses indications se feraient jour, si d'aventure la chirurgie de la carotide supra-clinoïdienne, de sa bifurcation et de la cérébrale moyenne prenait droit de cité dans la technique courante chirurgicale.

1/ Le siège des lésions athéromateuses cérébrales n'est-il par situé préférentiellement au niveau de la carotide interne et de sa bifurcation intracrânienne ? Cette localisation prend on le sait largement la tête devant toutes les autres localisations ; le siège sylvien ne venant qu'en quatrième position.

2/ Le territoire d'élection des embols cruoriques cérébraux n'est-il pas préférentiellement celui de la carotide interne supra-clinoïdienne, sa bifurcation et l'artère cérébrale moyenne ?

Si l'on se rapporte à la thèse de GAZENGEL, (34) les obstructions anatomiques semblent extrêmement fréquentes au cours des embolies cérébrales des cardiopathies mitrales. Elles ont été retrouvées pour 14 cerveaux sur 26 examinés, soit 53 % des cas examinés. Les formes soumises à l'examen anatomo-pathologique étaient, il est vrai, des formes graves dont l'évolution avait été défavorable en moins d'un mois.

A l'inverse la proportion d'obstructions reconnues à l'artériographie apparaît beaucoup plus faible. Ces obstructions sont rencontrées seulement

dans 20 % des cas artériographiés. Cette contradiction apparente entre les données anatomo-pathologiques (53 %) et les résultats artériographiques (20 %) trouve sans doute une explication dans le fait suivant : les artériographies ont été faites dans des formes moins sévères, chez des sujets vivants au-delà du premier mois.

La situation des obstructions relevées dans 14 cas sur 26 était la suivante :

- Dix obstructions siègeaient sur la carotide interne allant de la fourche carotidienne au cou jusqu'à la bifurcation de la carotide interne dans le crâne. Cette bifurcation laissée libre dans trois de ces cas était elle-même obstruée dans les sept autres cas. L'obstruction s'étendait toujours de façon plus marquée sur la cérébrale moyenne que sur la cérébrale antérieure. D'ailleurs aucune atteinte isolée de la cérébrale antérieure n'a jamais été mise en évidence.

- Deux embolies intéressaient isolément la cérébrale moyenne.

- Une seule obstruction concernait la vertébrale gauche.

- Aucune occlusion du tronc basilaire ou de ses branches principales n'a jamais été retrouvée. Le fait contraste avec l'important pourcentage (22 % des cas) de ramollissements constatés à l'examen anatomique dans le territoire vertébro-basilaire.

Le siège anatomique de ces obstructions emboliques est tout à fait compatible avec les possibilités offertes par les techniques chirurgicales relatées ci-dessus. Compte tenu de l'évolution défavorable de ces formes, il semble qu'une tentative de désobstruction aurait été tout à fait justifiée.

Par ailleurs, il faut remarquer que toutes ces formes graves soumises à l'examen anatomique, résultent dans l'immense majorité des cas d'une obstruction massive. Il est fort probable à l'inverse que les formes moins graves s'accompagnent dans un pourcentage non négligeable de cas d'une obstruction plus limitée. D'ailleurs un mois après l'accident initial, l'artériographie a tout de même montré dans ces formes moins sévères un obstacle dans 20 % des cas.

Ces considérations anatomiques jointes à l'allure évolutive renforcent encore l'idée qu'un acte chirurgical efficace pourrait être proposé dans de nombreux cas. En effet, on admet statistiquement que sur 100 mitrales victimes

d'embolies cérébrales, 50 vont guérir sans séquelles et 50 auront des formes sévères. Parmi celles-ci, 10 mourront, 20 auront des séquelles graves, et 20 des séquelles plus modérées.

3/ Sortant du domaine de l'athérome cérébral ou des embolies à point de départ cardiaque, il est possible d'envisager une application technique aux thromboses de la carotide interne. Une sténose de cette artère au cou peut se transformer en une occlusion complète. Dans ce cas, il est fréquent de constater une obstruction de la carotide interne sur tout ou une partie de son trajet. L'endartérectomie carotidienne cervicale pour avoir quelques chances de succès devrait donc s'accompagner de l'ablation du thrombus par voie cervicale, éventuellement complétée par la désobstruction de la carotide intra-crânienne. Il semblerait possible par ce double abord de désobstruer la totalité du trajet de la carotide interne, en utilisant les procédés maintenant classiques d'embolectomie artérielle (cathéter d'aspiration, sonde de Foggarty).

III - Sur 13 cas mondiaux de désobstruction artérielle intra-crânienne

A l'heure actuelle, une telle chirurgie est encore au stade embryonnaire, mais l'analyse de la littérature nous a permis de retrouver 13 cas où une tentative chirurgicale a été effectuée dans le but de lever l'obstruction d'une artère cérébrale.

WELCH (1955), 2 cas - SCHEIBERT (1959), 5 cas - PIAZZA et GAIST (1960) 1 cas - JACOBSON et al. (1962), 2 cas - Shelly N. CHOU (1963), 1 cas - LOUGHEED et al. (1965), 1 cas.

Dans les lignes qui vont suivre, chaque cas va faire l'objet d'une analyse. Le bien fondé de l'indication opératoire et les résultats seront ensuite examinés pour chacun de ces cas. Enfin des suggestions seront proposées quant aux indications chirurgicales éventuelles dans le cadre des obstructions artérielles cérébrales aiguës.

1/ WELCH (1955) 97.

rapporte à la Harvey Cushing Society, deux cas, dans lesquels une désobstruction de l'artère cérébrale moyenne a été tentée.

a - Le premier cas concerne un homme de 47 ans, droitier. On relève dans ses antécédents, une amputation de cuisse gauche 26 ans auparavant à l'occasion d'un traumatisme, ainsi qu'une spécificité traitée.

- L'installation de l'accident neurologique semble avoir été assez rapide puisque le malade, normal à son coucher, se réveille hémiplégique et probablement un peu confus.

- Il est admis deux jours plus tard à l'hôpital où l'on constate l'existence d'une hémiplégie gauche flasque à prédominance brachio-faciale, avec un phénomène d'extinction corticale du même côté.

- L'évolution spontanée permet d'assister à une légère amélioration : comme il est habituel, le membre inférieur gauche réduit ici au moignon récupère quelques mouvements, de même que le membre supérieur, mais tout mouvement fin des doigts reste impossible et l'extinction corticale persiste.

- Une première angiographie carotidienne droite est faite 24 jours après l'accident. Le produit de contraste s'arrête dans la cérébrale moyenne juste au-delà de la branche collatérale temporale postérieure. En amont, le tronc sylvien est injecté, mais le remplissage des branches ascendantes est de fort mauvaise qualité. Après une aggravation passagère post-angiographique (l'atteinte du membre supérieur gauche s'étant majorée), on assiste au retour à l'état antérieur en 2 à 3 jours. C'est donc 4 jours après l'artériographie qui avait objectivé un obstacle et 28 jours après l'installation des premiers symptômes qu'une intervention est décidée.

- Cette intervention sera menée sous hypothermie modérée de surface à 28°C. L'artère sylvienne est abordée. L'exploration per-opératoire confirme l'existence d'un obstacle dont le siège s'accorde avec celui fixé par l'artériographie. Le chirurgien opère alors sur l'artère une petite incision transversale, qui permet l'accouchement d'un caillot exprimé par pression digitale. L'artériotomie est alors fermée par un seul point en U. A la levée du clip temporaire apposé sur la cérébrale moyenne en amont, on assiste à un gonflement satisfaisant du vaisseau désobstrué.

- Les suites post-opératoires seront satisfaisantes de même que la récupération clinique ; le malade peut marcher comme par le passé avec un bon appui de son moignon sur une prothèse ; la force au niveau du membre supérieur est bonne, mais il persiste toutefois une légère maladresse dans les mouvements fins des doigts.

- Une artériographie carotidienne droite de contrôle faite 16 jours après l'intervention est fort décevante : l'auteur note une bonne perméabilité des branches ascendantes, mais une absence de remplissage de la temporale postérieure.

Discussion :

L'artériographie faite 24 jours après l'accident initial a pu faire la preuve d'un obstacle. Elle a invité à un acte chirurgical 4 jours plus tard après une aggravation passagère.

La voie d'abord n'est pas relatée, non plus que la largeur de l'artériotomie, ni la qualité du fil utilisé pour la suture. D'après les schémas il semble que la taille de l'artériotomie transversale n'excèdait pas 1 mm. ou 1,5 mm.

Après l'extraction du caillot, aucune précision n'est donnée sur l'existence ou non d'un flux rétrograde.

La comparaison des clichés pré et post-opératoires ne montre pas de modifications très significatives, si ce n'est une meilleure imprégnation des branches ascendantes après l'intervention (la thrombose paraît donc s'être reproduite). L'amélioration de la circulation dans les branches ascendantes pariéto-rolandiques explique vraisemblablement l'amélioration clinique. Il est donc permis de se demander dans quelle mesure une évolution spontanée n'aurait pas été aussi favorable. L'intervention toutefois n'a nullement aggravé l'état de ce malade.

b - Le deuxième cas est celui d'une femme de 51 ans, obèse. On a peu de notions concernant l'installation des troubles ; cette femme qui vivait seule, est découverte un matin dans sa chambre, son côté droit entièrement paralysé et dans l'incapacité absolue de parler.

- Elle est immédiatement transportée à l'hôpital où mention est faite d'une hémiplégie droite totale, proportionnelle, d'une aphasie avec trouble dominant de l'expression verbale. Sa tension artérielle est à 15/8. On retrouve une arythmie cardiaque dont la nature exacte n'est pas précisée. Toutefois aucune cardiopathie orificielle n'est détectée cliniquement.

- Elle subit une artériographie carotidienne gauche le matin même de son arrivée ; cet examen met en évidence une obstruction sur la cérébrale moyenne quelques millimètres après sa naissance. Aucune circulation

collatérale n'est opacifiée. La sévérité de l'atteinte neurologique, massive, et la netteté de l'obstacle font poser l'indication opératoire d'urgence.

- L'intervention a lieu l'après-midi même, sous hypothermie modérée de surface à 29°C. L'exploration per-opératoire retrouve l'obstruction qui débute un peu avant la première bifurcation de la cérébrale moyenne qu'elle dépasse de 2 cm. L'artère est incisée transversalement en pleine zone obstruée. Le segment distal du caillot est extrait grâce à des manoeuvres d'expression, puis le déclampage de la sylvienne (près de don origine) libère le flux sanguin d'amont qui pousse le reste du caillot à travers l'artériotomie. Ce caillot est composé de sang et de productions athéromateuses, car les auteurs pour lever l'obstruction doivent ramener "quantities of red yellow material". Après la désoblitération du vaisseau, la circulation de retour venant de l'aval semble satisfaisante ; l'artériotomie est refermée par un point.

- Les suites post-opératoires sont décevantes. L'hémiplégie et l'aphasie persistent.

- L'artériographie post-opératoire montre aussi la persistance de la thrombose sylvienne.

Discussion

L'artériographie faite selon toute vraisemblance quelques heures après l'installation des symptômes neurologiques, est démonstrative d'un obstacle. Circonstance favorable, l'intervention chirurgicale est effectuée rapidement car la séméiologie neurologique est massive.

Les résultats per-opératoires de la désobstruction sont beaucoup plus satisfaisants sur le plan vasculaire que dans le premier cas (existence d'un flux rétrograde). Et pourtant le résultat post-opératoire n'est pas à la hauteur d'un acte chirurgical de qualité. On peut s'interroger sur les causes de la reproduction de l'obstruction ; en présence d'un lit vasculaire d'aval perméable : désobstruction incomplète (un peu de "red yellow material" restant en place) ? ou mauvais état endothélial et thrombose secondaire ?

Ces deux exemples cliniques sont dans l'ensemble assez décevants et risqueraient de faire douter du bien-fondé de telles interventions. La première indication très tardive est suivie d'une amélioration clinique excellente; à l'inverse, la seconde indication, qui semblait cumuler tous les atouts de la réussite se solde par un échec complet.

En fait, à l'aube d'une chirurgie un peu nouvelle, il est très difficile de juger sur deux cas, d'autant que ces interventions ont été effectuées en 1955, avant l'ère micro-chirurgicale proprement dite.

Cependant c'est un très grand mérite qui revient à WELCH d'avoir, à notre connaissance, ouvert la voie à une chirurgie de désobstruction artérielle cérébrale.

2/ SCHEIBERT (1959) 80

A rapporté par deux fois ses tentatives de désobstruction de l'artère cérébrale moyenne : en 1959 à la Harvey Cushing Society, en 1961, à l'occasion du 2e Congrès International de Neuro-chirurgie à Washington.

Nous n'avons pas pu obtenir d'autres détails que ceux qui sont consignés dans Excerpta Medica, 1961.

La communication de SCHEIBERT ferait état de l'ablation chirurgicale de plaques athéromateuses, de thrombi ou d'embols de l'artère cérébrale moyenne chez cinq malades.

Quatre malades sont morts dans les suites opératoires après ablation des lésions obstructives.

Chez un malade de 66 ans, l'intervention fut couronnée de succès. Une angiographie de contrôle après l'intervention, prouvait que la perméabilité de l'artère cérébrale moyenne avait été rétablie. Malheureusement ce malade devait décéder huit mois plus tard d'un infarctus myocardique.

3/ PIAZZA et GAIST (1960) (73)

Rapportent un cas de désobstruction de l'artère sylvienne. La nature de l'obstacle est des plus surprenantes puisqu'il s'agit d'un plomb de chasse. Pour exceptionnelle qu'elle soit, cette cause d'obstruction a déjà été rencontrée. Les auteurs citent le cas de LECENNE et LHERMITTE : chez un soldat blessé par un éclat d'obus, une hémiplégie s'est installée 24 heures plus tard avec décès au huitième jour. Ils rappellent aussi l'aventure du forgeron de Dowzenke : cet homme blessé au cou par un petit éclat d'acier devient hémiplégique un quart d'heure plus tard. Sur les clichés standard du crâne un petit corps étranger est visible au-dessus et à droite de la selle turcique. Il s'agit sans doute d'un embol métallique qui a migré par voie carotidienne.

Dans le cas présent, un jeune homme de 22 ans est victime d'un accident de chasse. Il reçoit une décharge de plombs, dont une partie dans la région cervico-céphalique. Vingt-quatre heures après cet accident survient une hémiplégie gauche d'installation rapidement progressive. Douze heures après le début du déficit neurologique, soit 36 heures après l'accident de chasse initial, le malade est transféré en neuro-chirurgie où l'on constate l'existence d'une hémiplégie gauche flasque et d'une obnubilation.

- Une artériographie carotidienne objective une obstruction sylvienne droite au niveau d'un fragment métallique.

- Une intervention est alors décidée. Elle sera menée sous hypothermie modérée de surface et légère hypotension contrôlée. L'exploration per-opératoire confirme le siège de l'obstruction. Aucune artériotomie n'est effectuée pour retirer le plomb. Celui-ci est amené par pression digitale douce des premiers millimètres de la sylvienne, vers la carotide interne. Un clip est alors placé immédiatement sous la bifurcation carotidienne, de telle façon que le plomb soit emprisonné dans la carotide interne supra-clinoïdienne. Ainsi la perméabilité sylvienne était rétablie.

- Dans les suites opératoires on allait assister à une récupération incomplète de l'hémiplégie gauche : excellente pour le membre inférieur et le bras, médiocre pour les mouvements fins des doigts.

- Et pourtant sur l'artériographie carotidienne gauche post-opératoire, les deux cérébrales antérieures et la sylvienne droite s'injectaient par le côté gauche.

Discussion

Il s'agit d'un cas exceptionnel mais intéressant puisque la désobstruction de la cérébrale moyenne a été obtenue sans le secours de la moindre artériotomie.

Malheureusement, on ignore la date exacte de l'interruption circulatoire dans le territoire sylvien de sorte que l'ischémie pourrait avoir duré entre douze et trente six heures.

Il n'y a pas eu d'aggravation à la reprise de la circulation. L'évolution ultérieure a été satisfaisante. Il est hautement probable qu'elle aurait été plus sévère sans intervention, l'obstruction sylvienne étant dans ce cas beaucoup plus grave que l'interruption de la carotide supra-clinoïdienne. Cette

interruption a d'ailleurs été d'autant mieux supportée que la communicante antérieure était parfaitement fonctionnelle. Toutefois l'exérèse du plomb par une courte artériotomie aurait été éminemment préférable, au moins sur le plan hémodynamique sinon fonctionnel. Le procédé des auteurs est cependant à retenir pour son ingéniosité. Nombre de caillots sur la cérébrale moyenne ou la cérébrale antérieure pourraient ainsi être retirés par une artériotomie sur la carotide interne.

4/ JACOBSON et al. (1962) (51)

ont aussi publié deux cas intéressants.

a - Cas n° 1

Le premier cas concerne un homme de 50 ans, droitier, sans passé pathologique notable.

- Le 30 juillet 1960, à 23 H. 20, il s'effondre alors qu'il s'installe au volant de sa voiture, et perd brutalement l'usage de la parole et de son hémicorps droit. Il est transporté dans un service de médecine d'urgence. Une ponction lombaire retire un liquide clair, normotendu. Aucune affection emboligène n'est décelée.

Le malade restant totalement aphasique et hémiplégique est transféré le jour suivant en neuro-chirurgie.

- Une artériographie carotidienne gauche révèle une obstruction complète de l'origine de l'artère cérébrale moyenne.

- L'intervention est alors décidée, car outre la notion d'obstacle, aucune amélioration clinique ne s'est dessinée depuis l'installation des symptômes : tout au plus, on note quelques mouvements des orteils qui faisaient défaut immédiatement après l'accident.

Cette intervention est entreprise 108 heures, soit 4 jours et demi après l'installation des premiers symptômes. On a recours à une hypothermie modérée de surface à 30°C.

La cérébrale moyenne gauche est abordée par vois sous-frontale externe. Deux millimètres après sa naissance de la carotide, l'artère apparaît légèrement distendue et d'une coloration plus foncée que d'habitude. Des clips temporaires de Mayfield sont appliqués au niveau de l'origine de l'artère d'une part et en aval de l'obstruction d'autre part. Une incision longitudinale est alors effectuée sur l'artère en regard de l'obstacle. En dépit de cette artériotomie, l'ablation des clips temporaires n'entraîne aucun saignement. Les clips

sont alors remis en place. Le caillot est exprimé manuellement jusqu'à obtenir un bon saignement d'amont et d'aval quand on relâche les clips temporaires. Après avoir été lavée préalablement au sérum hépariné, l'artère est alors refermée avec cinq points à la soie 7/0, sous le contrôle d'un microscope opératoire de Zeiss.

D'après les auteurs, cette suture, une des premières qu'ils effectuaient au fond du crâne a été extrêmement difficile, puisqu'il a fallu quarante minutes pour la mener à bien.

- Suites opératoires : le lendemain de l'intervention, le malade pouvait légèrement bouger les orteils à droite et exécuter des ordres simples (tirer la langue).

L'évolution ultérieure ne devait être marquée par aucune autre amélioration notable, le malade n'étant selon les auteurs "ni mieux ni plus mal" qu'après l'intervention.

- Une angiographie de contrôle faite 15 jours après l'intervention, mettait en évidence la récurrence de l'obstruction.

Discussion

Il semble que cette intervention effectuée avec un grand soin technique ait échoué en raison du délai trop grand (4 jours et demi) qui la séparait du début des signes neurologiques. D'autre part l'auteur exécutait une de ses toutes premières sutures artérielles intra-crâniennes.

b - Cas n° 2

Il s'agit d'un homme de 33 ans, droitier, conducteur d'excavatrice.

- L'accident neurologique qui va motiver qui va motiver son entrée en milieu hospitalier : quarante huit heures avant son entrée à l'hôpital, en allant à son travail, il fait une chute, à mettre sur le compte d'un déficit transitoire du membre inférieur gauche, déficit qui dure une demi-heure. Les 24 heures suivantes sont dépourvues d'incident, mais deux jours plus tard un nouveau déficit transitoire crural gauche s'installe pendant son travail. Ce nouvel incident motive son admission à l'hôpital, mesure urgente car peu de temps après son arrivée en milieu hospitalier, ce sujet devient hémiplégique.

- L'artériographie carotidienne droite faite quatre heures après l'installation de l'hémiplégie montre une obstruction de l'artère cérébrale moyenne à un centimètre de son origine.

- L'intervention est alors décidée. La cérébrale moyenne sera abordée dans les mêmes conditions que précédemment. L'obstruction artérielle est parfaitement repérée en raison d'une légère dilatation de l'artère et d'un changement de couleur à son niveau. Elle se situe à 8 mm. de l'origine de la cérébrale moyenne ; deux branches collatérales naissent du tronc de l'artère avant l'obstruction respectivement à 4 et 6 mm. de l'origine.

Un clip de Mayfield est alors posé sur l'origine de la cérébrale moyenne, une petite incision transversale est faite à l'aplomb de l'obstruction. Après ablation de quelques petits caillots et parcelles d'athérome, un très gros fragment unique est accouché de l'artère. Il se produit alors un très important saignement de retour qui nécessite la pose d'un clip de Mayfield sur la portion distale de l'artère.

L'artériotomie est ensuite refermée avec trois points de soie 7/0 avec l'aide d'un microscope opératoire de Zeiss. Finalement le clip temporaire d'amont est retiré 25 minutes après son application. L'hypothermie a été commencée 10 heures après l'installation de l'hémiplégie complète. La cérébrale moyenne est parfaitement perméable et battante à la fin de l'intervention, soit 16 heures après l'installation de l'hémiplégie.

- Les suites post-opératoires furent assez satisfaisantes. Six jours après l'intervention, le malade avait retrouvé des mouvements grossiers de la main gauche, et la récupération était encore plus sensible au niveau de la jambe gauche.

Le malade sortait de l'hôpital 16 jours plus tard, capable de marcher seul, pouvant se servir de sa main gauche excepté pour les mouvements fins. Il semblait exister une ébauche de "grasping reflex" à gauche.

- Sur les artériographies faites 12 et 34 jours après l'intervention, on peut voir : un remplissage du tronc sylvien dépassant de 3 mm. l'endroit de l'occlusion originelle ; sur les temps tardifs apparaissent des éléments de l'arbre sylvien. Toutefois, les auteurs très honnêtement reconnaissent que ces opacifications témoignent d'une circulation collatérale et non pas d'une perméabilité sous-estimée du tronc sylvien.

Discussion

L'indication opératoire semblait ici pleinement justifiée en raison des conditions favorables réunies.

L'allure clinique de l'obstruction était suffisamment sévère pour que l'on puisse proposer une intervention chez cet homme jeune, vu tôt après l'accident (l'opération a pris place de 12 à 16 heures après l'installation du déficit massif).

Compte-tenu de la qualité de l'acte opératoire, on est un peu déçu de la discordance entre le résultat clinique satisfaisant et le résultat local médiocre. Il est fort probable qu'en l'absence d'acte chirurgical les séquelles fonctionnelles eussent été plus lourdes. Les auteurs estiment en effet, malgré la reproduction de l'obstruction, que la levée de l'obstacle a modifié les conditions circulatoires locales en transformant une obstruction artérielle brutale en une occlusion artérielle progressive et secondaire sur la suture. La circulation collatérale a donc eu le temps de s'organiser avec efficacité comme en témoigne l'artériographie post-opératoire.

Dans les cas cliniques précédents, la nature thrombotique ou embolique de l'obstacle ne pouvait être déterminée avec certitude.

Dans les deux derniers cas de Shelly N. CHOU (1963) et LOUGHEED (1965) la nature embolique et l'origine cardiaque peuvent être affirmées.

5/ Shelly N. CHOU (1963) (26)

Le cas concerne une jeune femme de 19 ans opérée à coeur ouvert par LILLEHEI pour une maladie mitrale sévère avec arythmie complète par fibrillation auriculaire. L'intervention cardiaque avait abouti à la pose d'une prothèse valvulaire (valve de Starr mitrale).

- Douze jours après l'intervention à coeur ouvert survient brutalement une hémiplégie gauche à prédominance brachio-faciale. Elle s'accompagne d'une baisse du niveau de conscience et d'un collapsus circulatoire transitoire. Une heure plus tard, le niveau de conscience s'est abaissé confinant la malade au coma vigile ; le déficit neurologique persiste inchangé ; la nuque est souple.

- Une angiographie carotidienne droite est effectuée cinq heures après l'accident initial. Ce délai est nécessaire pour attendre le retour du temps de coagulation à la normale, car la malade a reçu une dose d'héparine lors de l'accident initial.

Sur les clichés, la cérébrale moyenne est obstruée un centimètre après son origine. La cérébrale postérieure droite est injectée ; il n'y a pas de passage du produit de contraste vers le côté opposé. Surtout, fait fondamental,

une circulation collatérale est parfaitement visible : les branches ascendantes de la sylvienne sont injectées à contre-courant sur les temps tardifs.

L'aggravation neurologique jointe à la notion d'obstacle justifie l'indication opératoire.

- L'intervention chirurgicale a lieu neuf heures après l'accident initial. La voie de pénétration est fronto-temporale. Pour faciliter l'exposition, un drainage lombaire du liquide céphalo-rachidien a été mis en place. La vallée sylvienne est abordée après résection du pôle temporal, la cérébrale moyenne est dégagée. Un clip de Mayfield est alors appliqué en amont de l'obstruction artérielle. L'embolectomie est réalisée par section après une artériotomie longitudinale de 3 mm., agrandie secondairement à 7 mm. Le caillot retiré mesure 1 cm. de long et reproduit le moule d'une bifurcation sylvienne.

Le flux rétrograde est de bonne qualité, parfaitement apprécié, car l'auteur n'a pas employé de clip temporaire d'aval.

La fermeture de l'artériotomie est alors effectuée sous aspiration douce continue, par trois surjets à la soie 6/0 avec une instrumentation chirurgicale classique (aucun instrument de micro-chirurgie n'a été employé). Cette carence rend compte d'une petite déchirure sur l'artère en fin de suture, lors du décrantage du porte-aiguille à anneaux. L'opérateur a pallié cet incident en incluant un petit morceau de muscle dans la suture

L'auteur est certainement très adroit, car avec des instruments peu adaptés il a réalisé l'embolectomie et la suture artérielles en 45 minutes malgré un incident technique.

- Les suites opératoires ont été excellentes.

Dès le réveil, des mouvements sont possibles au niveau du membre inférieur gauche, remontant jusqu'au genou (seul le pied pouvait être bougé avant l'intervention).

Au deuxième jour, la malade qui a subi une infiltration stellaire quotidienne, ne présente plus qu'une atteinte brachio-faciale gauche. La récupération se poursuivra : le 10e jour, seule persiste une légère paralysie faciale ; neuf mois plus tard, l'examen neurologique sera absolument normal.

- Une artériographie de contrôle quinze jours après l'intervention montre une opacification satisfaisante de la cérébrale moyenne avec seulement une discrète sténose au niveau de l'artériotomie.

Discussion

Il s'agit d'un cas vraiment tout-à-fait exceptionnel où la même jeune femme de 19 ans a subi deux interventions chirurgicales d'avant-garde en moins de douze jours : la pose d'une prothèse mitrale sous circulation extra-corporelle et une artériotomie sylvienne pour embolectomie cérébrale.

Fait encore plus ramarquable, cette malade se porte apparemment bien 9 mois après ces deux interventions successives, sans aucun signe déficitaire à l'examen neurologique.

L'intervention de désobstruction a été faite cinq heures après l'accident embolique. La circulation collatérale visible sur les angiographies a été sans doute entretenue par une héparinisation immédiate. L'embolectomie a donc été effectuée dans d'excellentes conditions, sur une artère non pathologique du sujet jeune. La réalisation technique est de très haute valeur, d'autant que l'auteur n'a utilisé qu'une instrumentation conventionnelle.

Aucune thérapeutique anti-coagulante semble n'avoir été de mise avant le quinzième jour post-opératoire.

Enfin dans ce cas, aucune hypothermie modérée de surface n'a été utilisée. Les auteurs n'en rejettent nullement le principe mais soulignent le fait que la mise en oeuvre d'une hypothermie ne doit nullement retarder l'horaire précoce de la désobstruction.

6/ Le deuxième cas d'embolectomie intra-crânienne, à la suite d'un accident de migration lors d'une cardiopathie a été rapporté par LOUGHEED et al. (1965) (62).

Il s'agissait d'une femme de 42 ans, porteuse d'un rétrécissement mitral pur en arythmie complète (par fibrillation auriculaire). La survenue d'une embolie systémique quelques mois après le passage en arythmie avait déjà entraîné une hospitalisation pour explorations cliniques et hémodynamiques. Il est probable qu'un traitement anti-coagulant avait été institué après le premier accident embolique. Mais mention expresse n'en est pas faite dans l'observation.

- Au cours de l'hospitalisation, à l'occasion d'un cathétérisme (des cavités droites ?) survient un épisode neurologique brutal : perte de connaissance avec hémiplégie gauche. Quarante cinq minutes plus tard, la malade est consciente mais obnubilée, la tête et les yeux déviés sont vers la droite. Il existe une hémiplégie gauche avec hypoesthésie et hémianopsie latérale homonyme gauche. Quinze minutes plus tard, une aggravation survient conduisant à un

coma vigile qui s'achemine en une heure vers un coma profond. La malade réagit aux incitations à droite ; la respiration est irrégulière ; on retrouve un signe de Babinski bilatéral.

- Une artériographie carotidienne droite faite d'urgence objective alors une obstruction de la carotide interne supra-clinoïdienne en aval de la communicante postérieure. La cérébrale moyenne et la cérébrale antérieure ne sont pas opacifiées du côté droit.

- L'intervention est alors décidée.

L'exposition cérébrale est facilitée par une ventilation artificielle avec pression négative et par l'administration de mannitol.

La carotide interne et sa bifurcation sont abordées par voie sous-frontale externe. Cette pénétration est aisée car le cerveau très mou, se laisse facilement recliner.

D'après les auteurs, les veines cérébrales contenaient du sang plus noir que d'habitude et la circulation y semblait ralentie. Par contre, les petites artères corticales apparaissent bien oxygénées.

L'embol de coloration foncée est parfaitement repéré par transparence, vu le changement de tonalité du vaisseau. Le caillot s'étend au-delà de la bifurcation carotidienne puisqu'il siège également sur les deux premiers centimètres de la sylvienne et qu'il intéresse la cérébrale antérieure jusqu'à la naissance de la communicante antérieure.

Le caillot devait être enlevé par succion douce et relâchement épisodique des clips temporaires, après qu'une artériotomie ait été opérée sur la carotide interne. Le type (transversal ou longitudinal ?) de cette artériotomie n'est pas précisé.

La suture était effectuée au nylon 8/0 (surjet ? points séparés ?) après s'être assuré de l'existence d'un bon flux de retour.

Au déclampage, le passage dans la carotide interne et ses deux branches de division paraissait satisfaisant.

L'embolectomie avait duré 40 minutes au total.

- Les suites opératoires ont été moins simples que dans le cas précédent. Il faut souligner à ce propos qu'une résection du pôle temporal avait été faite dans le cas de CHOU.

- La malade a dû être gardée pendant quatre jours sous ventilation artificielle, tout arrêt anticipé de l'assistance mécanique se traduisant par une baisse alarmante du niveau de conscience.

- Une hypothermie modérée de surface à 32°C a été maintenue dans les 48 premières heures post-opératoires.

- Grâce à ces précautions, la récupération a été rapidement satisfaisante. Une semaine après l'intervention, ne persistaient plus qu'une discrète hémiparésie gauche, avec reprise des mouvements fins des doigts et une extinction sensitive homolatérale. L'hémianopsie latérale homonyme gauche avait disparu. A la période de consolidation, les séquelles étaient relativement minimes : parésie faciale gauche, hémi-hypoesthésie gauche discrète à tous les modes, altération du sens de position du 5 et 4e doigts gauches.

Il manque pour conclure cette observation fort intéressante un document angiographique. En effet, les auteurs se sont abstenus de contrôle artériographique post-opératoire de crainte de nouveaux incidents. Il y a fort à penser cependant, vu la récupération, qu'aucune obstruction nouvelle ne s'est produite sur la carotide interne intra-crânienne.

Discussion

Dans ce cas, l'indication semble avoir été fort judicieuse. Il s'agissait de l'embolie cérébrale d'un rétrécissement mitral connu en fibrillation auriculaire, vue dans les deux heures suivant l'accident. L'allure neurologique était sévère, surtout sous l'angle des troubles de la conscience puisqu'à une perte de connaissance initiale de 45 minutes allait faire suite un coma de plus en plus profond.

L'existence d'un obstacle massif à l'artériographie autorisait à tenter une intervention.

Sans intervention, les séquelles fonctionnelles auraient été probablement plus lourdes, sans même parler d'une évolution fatale possible. Il faut remarquer dans cette observation l'utilisation bénéfique de l'hypothermie de surface et de la ventilation assistée dans la période post-opératoire.

IV — Conclusion de cette revue

La revue de ces cas où une désobstruction artérielle a été tentée, conduit tout naturellement à s'interroger sur la validité d'une telle chirurgie.

Il est certain qu'une thérapeutique fibrinolytique représenterait une solution idéale. Malheureusement, à l'heure actuelle, son application n'a pas emporté la conviction unanime dans les embolies artérielles périphériques ; elle a été franchement décevante pour les obstructions artérielles cérébrales (SUSSMAN et FITCH) (90).

La progression chronologique des cas rapportés ici semble encourageante, puisque les derniers cas sont ceux où les succès les plus spectaculaires ont été enregistrés. Il est hors de doute que la progression des micro-techniques y est pour quelque chose. Cependant, les résultats de JACOBSON, autorité mondiale en matière de micro-suture sont loin d'être spectaculaires, du moins sur le plan chirurgical et vasculaire.

Ces contradictions ne sont qu'apparentes. En effet, les deux derniers cas concernent des embolies cruoriques fraîches, vues tôt, opérées rapidement par incision d'une artère saine peu ou pas pathologique.

Les cas précédents se rapportent à des obstructions mal définies quant à leur nature thrombotique ou embolique, vues généralement plus tardivement. La désobstruction portait sur des artères pathologiques ; le lit vasculaire d'aval (objectivé par la circulation collatérale sur l'artériographie) n'était pas toujours largement perméable.

Dans ces conditions, on comprend mieux la discordance des résultats, dont l'interprétation est rendue encore plus difficile du fait de l'inexpérience qui règne dans ce domaine.

On sent confusément que nombre de malades pourraient bénéficier de telles interventions. D'un côté, on craint d'effectuer des interventions inutiles, de l'autre on hésite à codifier sans avoir vécu.

V - Place de la chirurgie dans les obstructions artérielles aiguës de la carotide supra-clinoïdienne, de la sylvienne et de la cérébrale antérieure. (1, 2, 12, 13, 16, 23, 24, 28, 33, 42, 104).

Les échecs de cette chirurgie ne devraient pas être des échecs techniques purs. Certes, il n'est pas aisé de suturer des vaisseaux au fond de la cavité crânienne, mais c'est une difficulté qui devrait être vaincue par un entraînement régulier.

1/ De l'importance du lit vasculaire d'aval

Si une suture correctement exécutée suivant les "règles micro-chirurgicales" aboutit à la thrombose, c'est qu'il existe dans le même temps une thrombose du lit d'aval, jusqu'aux vaisseaux du plus fin calibre. C'est là un point bien banal en chirurgie vasculaire périphérique, sur lequel notre maître SERVELLE a maintes fois attiré notre attention. Toute endartérectomie, tout pontage artériel sont irrémédiablement voués à l'échec s'il n'y a pas de lit d'aval perméable. Si le flot de sang amené de l'amont doit ensuite circuler dans de misérables petits vaisseaux rongés par l'athérome, le débit sera médiocre au niveau de l'anastomose et la thrombose ne manquera pas de survenir tôt ou tard.

C'est d'ailleurs la raison pour laquelle dans la chirurgie de l'artérite des membres inférieurs, les tentatives de patch, d'endartérectomie de la tibiale postérieure par exemple, se sont presque toujours soldées par des échecs. Dans cette maladie poly-artérielle qu'est l'artérite, quand les vaisseaux distaux sont touchés par l'athérome, il en va ainsi jusqu'aux petits vaisseaux. C'est bien pourquoi la chirurgie des artérites dépasse rarement la poplitée. C'est aussi d'ailleurs la raison qui a ancré dans tous les bons esprits, l'échec acquis d'avance d'une suture intéressant un vaisseau de calibre inférieur à 5 mm.

Ces principes peuvent être transposés à la chirurgie des vaisseaux du cerveau, avec cette différence toutefois que le débit d'une carotide intra-crânienne est supérieur au débit d'une artère tibiale postérieure, que l'athérome cérébral est souvent localisé, enfin que les obstructions emboliques surviennent souvent sur un système vasculaire sain.

2/ Où l'on reparle du facteur temps

a - Si l'on en croit les sceptiques de la micro-chirurgie vasculaire intra-crânienne, partisans de son déclin avant même qu'elle ait vécu, celle-ci est vouée à l'échec, dans ses oeuvres de désoblitération. Toute obstruction vasculaire d'un territoire donné s'accompagnerait en effet d'une "nécrose cérébrale" irréversible dans les trois minutes qui suivent l'installation de l'ischémie. C'est là une vue certainement hâtive des choses que d'assimiler ischémie d'un territoire cérébral donné et arrêt circulatoire complet.

De nombreuses preuves tangibles sont là pour démontrer le caractère trop schématique de ces assertions. Dans les embolies cérébrales des mitrales, 50 % des patients récupèrent sans séquelles alors qu'elles ont présenté des signes neurologiques focaux (hémiplégie, aphasie), donc une ischémie sévère

Au cours de certains anévrysmes, il existe un spasme vasculaire visible à l'artériographie et probablement une ischémie localisée. La récupération secondaire est possible qu'il s'agisse des troubles de la conscience au cours d'un anévrysme de la communicante antérieure, d'une hémiplégie satellite d'un anévrysme sylvien sans hématome.

Enfin, il est des exemples dans la littérature où l'interruption chirurgicale de la cérébrale moyenne a pu être tolérée sans séquelles neurologiques à distance.

b - La paralysie neuronale ischémique

Il ne semble donc pas déraisonnable d'admettre avec de nombreux auteurs, qu'un très bas débit de perfusion amené par la circulation collatérale soit susceptible de garder les cellules nerveuses en état de viabilité alors qu'il est incapable de les perfuser suffisamment pour qu'elles expriment une activité neuro-physiologique (POOL) (en 51). Il s'agit là d'une véritable "sidération neuronale", véritable "paralysie neuronale ischémique" (BROWN, (15), SCHNEIDER) (81).

Ce temps de viabilité, de paralysie neuronale réversible est encore très mal connu. Dans certains cas, il pourrait atteindre plusieurs semaines. Il dépend essentiellement de la qualité de la circulation collatérale apportée par les anastomoses méningées artério-artérielles venant des bords supérieurs et inférieurs des hémisphères vers la cérébrale moyenne (1). Cette circulation, quoique réduite, pourrait dans quelques cas être suffisante car il se produirait au niveau de la zone ischémiée une diminution de la demande d'oxygène par les tissus (cette exigence est réduite à environ 20 % de sa valeur normale chez le singe - BROWN). Ce pourcentage représenterait la qualité minimale de base pour maintenir la viabilité des cellules. Selon SCHNEIDER le maintien en vie des cellules nerveuses nécessiterait une activité métabolique avoisinant 15 à 20 % de l'activité métabolique normale. Ainsi le débit sanguin de perfusion pourrait s'abaisser du dixième de sa valeur normale sans que des dommages irréversibles s'installent.

c - Acidose métabolique, destructions neuronale, altération de la barrière hémato-encéphalique.

---

(1) En cas d'obstruction de la cérébrale moyenne, les suppléances apportées par les anastomoses extra-crâniennes ou les communications au niveau du polygone de Willis ne peuvent être directement prises en considération.

Cependant dans de nombreux cas, il se créerait une dette métabolique vu la disparité existant entre les exigences des neurones et l'apport oxygéné du flux sanguin collatéral. Cette disparité serait moins accentuée en bordure du territoire ischémique. Plus ce flux est faible, plus la dette se constitue rapidement, et plus vite s'installent dans le territoire cérébral d'aval de l'obstruction les modifications physico-chimiques, conséquences de l'anoxie, au premier rang desquelles l'acidose métabolique (chute du pH cortical).

Durant cette période qui aboutirait à une modification de la barrière hémato-encéphalique, il n'est pas impossible que s'établisse, entre les neurones de la zone ischémiée une compétition pour capter l'oxygène apporté par la circulation collatérale. Certains neurones s'éteignent au cours de cette lutte vitale. Cependant, vu la richesse neuronale et les possibilités d'adaptations, il est possible qu'un pourcentage même important d'amputation du stock neuronal soit compatible avec une récupération fonctionnelle si la circulation était rétablie.

d - Le maintien et l'entretien de la circulation collatérale.

C'est pourquoi, à la suite d'une obstruction entraînant une anoxie ischémique, il est si important d'entretenir une circulation collatérale correcte et un lit d'aval perméable.

On sait que la conséquence fondamentale de l'anoxie ischémique consiste en un ralentissement circulatoire, qui se manifeste électivement et en premier lieu sur la circulation veineuse de retour et la portion veineuse des capillaires. Stase, hémo-concentration, agglutination intravasculaire aboutissent finalement à un infarctus par distension veineuse. L'oedème qui en résulte aggrave encore la condition circulatoire et compromet définitivement la perméabilité fonctionnelle du réseau de suppléance.

Parallèlement, les neurones sont progressivement détruits tandis qui s'installent des altérations vasculaires pariétales et au niveau de la barrière hémato-encéphalique.

Les cellules nerveuses sont mortes, la paroi des vaisseaux ne constitue plus une digue limitant le secteur vasculaire, tout rétablissement circulatoire est alors vain et aboutirait à un infarctus hémorragique.

• - Le délai durant lequel il est licite et non dangereux de rétablir la circulation dans un territoire ischémié, n'a pas encore été défini de façon précise chez l'Homme.

Ce délai est à n'en pas douter éminemment variable d'un sujet à l'autre. Il dépend essentiellement du temps qui préside à l'installation des altérations vasculaires, donc à l'importance de la circulation collatérale.

Que celle-ci vienne à être suffisante pour que la dette métabolique du territoire ischémié soit insignifiante, il est possible d'imaginer un long délai imparti. Cette supposition trouverait peut-être une confirmation dans les récents succès publiés à l'occasion de désobstructions tardives de la carotide interne au cou (15 jours à 3 semaines après l'accident initial).

f - C'est pourquoi l'appréciation exacte de l'état de la barrière hémato-encéphalique de la circulation loco-régionale, de l'hydratation du parenchyme nerveux semblent représenter la véritable pierre angulaire de la chirurgie de désobstruction des artères du cerveau. Tant que ces différents éléments ne pourront pas être déterminés avec certitude par des investigations précises pré- ou per-opératoires, la chirurgie de désobstruction ne pourra se limiter qu'à des formes vues plus tôt ou suffisamment graves pour engager le pronostic vital.

3/ Suggestions quant à la conduite à tenir vis-à-vis des obstructions aiguës du cerveau sur les gros troncs.

Le plus tôt possible après la survenue de l'accident occlusif, il importe en tout premier lieu, d'aider au maximum à l'établissement d'une circulation collatérale optima dont la valeur dépend quant à son plafond de la perméabilité anatomique du réseau de suppléance.

a - Le maintien de la pression artérielle à un niveau satisfaisant est indispensable, étant donné qu'aucune suppléance n'est assurée quand la pression artérielle maxima vient à tomber au-dessous de 50 mm. de Hg.

b - Les vaso-dilatateurs classiques par voie parentérale sont toujours utiles. Ils agiraient surtout lorsque le débit cérébral est bas et la résistance vasculaire élevée. Novocaïne à 1 %, Hydergine.

Papavérine à des doses comprises entre 15 et 30 cg. Son emploi serait à déconseiller en cas d'obstruction embolique.

c - Les solutés macro-moléculaires semblent avoir une action décisive sur le ralentissement circulatoire artériolo-capillaire, par la lutte qu'ils mènent contre l'agrégation intravasculaire.

d - Dans le même ordre d'actions thérapeutiques qui visent à faciliter la circulation du réseau de suppléance et celle du système de retour veineux, les anti-coagulants apparaissent au premier abord très séduisants.

En fait actuellement une thérapeutique anti-coagulante ne saurait être proposée sans une extrême prudence. En effet, en dehors des obstructions manifestement emboliques et vues tôt, les anti-coagulants présentent un réel danger. Peut-on jamais être sûr malgré toutes les finesses de l'analyse clinique, malgré l'aide des examens complémentaires, en présence d'un accident vasculaire cérébral qu'il s'agit d'un ramollissement ou d'un processus hémorragique limité ?

Eliminer avec certitude un processus hémorragique, connaître avec précision l'état de la barrière hémato-encéphalique représentent des acquisitions indispensables, pour que l'on puisse s'adresser à l'héparine en toute connaissance de cause.

Cependant il est d'ores et déjà admis que l'on est en droit de recourir à la thérapeutique anti-coagulante chaque fois que l'obstruction est vue précocément, si son origine embolique paraît certaine et si le déficit neurologique focal est incomplet. Cette thérapeutique employée par CHOU pour sa jeune malade porteuse d'une valve de Starr mitrale a selon toute vraisemblance été très bénéfique. Elle a permis à la circulation collatérale de s'effectuer dans les conditions les meilleures, de surveiller l'évolution clinique et, partant, de décider d'une angiographie cinq heures après le début de l'accident. A cette date, l'effet anti-coagulant, gênant pour l'angiographie avait disparu. Les auteurs auraient d'ailleurs pu faire cet examen plus tôt s'ils l'avaient voulu en neutralisant l'héparine circulante par une dose exacte de sulfate de protamine, grâce au dosage de l'héparinémie résiduelle. Dans ce cas cependant des précautions pharmacodynamiques auraient dû être prises en ce qui concerne la pression artérielle, car l'administration de sulfate de protamine est souvent à l'origine d'une chute tensionnelle.

e - Les services rendus par l'hypothermie modérée de surface sont très difficiles à apprécier. Certes, elle accroît la résistance du tissu nerveux à l'anoxie comme nous le verrons plus loin, mais revers de médaille, elle favorise le ralentissement circulatoire. C'est pourquoi on ne saurait l'employer sans une hémodilution associée, grâce aux solutés macro-moléculaires.

Tous avantages bien pesés, on en vient à s'interroger quant à son utilité pour le traitement des obstructions aiguës, du moins dans la phase pré-opératoire. Un fait est certain : sa mise en oeuvre ne doit pas retarder une désobstruction précoce, ou gêner le "conditionnement" du réseau de suppléance.

Par contre, pendant et après la levée de l'obstruction (si un acte chirurgical était indiqué), son emploi aurait nombre d'avantages que nous envisagerons dans le chapitre qui lui sera consacré. Disons tout de suite qu'elle

aurait essentiellement alors un rôle protecteur pour le cerveau vis-à-vis de l'agression chirurgicale.

f - Quant à l'oxygénothérapie hyperbare, son application n'est pas encore passée dans la pratique courante. L'oxygène sous pression à 3 atmosphères serait vraisemblablement bénéfique, multipliant considérablement le potentiel oxygéné de la circulation de suppléance. Il permettrait peut-être de prolonger le délai de paralysie neuronale ischémique, retardant ainsi l'apparition des altérations vasculaires pariétales. Toutefois, on l'accuse d'être vaso-constricteur au niveau de la circulation cérébrale. Le remplissage du secteur vasculaire associé à des médications vasoplégiques savamment dosées constituerait peut-être une ébauche de solution.

Ces premiers gestes fondamentaux faits, qui s'attacheraient à donner à la circulation de suppléance ses chances maxima de réussite, l'évolution clinique pourrait être suivie pendant une ou plusieurs heures.

Cette stimulation de la circulation de suppléance ne constituerait pas semble-t-il de perte de temps à proprement parlé, pas plus par analogie que la rééquilibration hydro-électrolytique pré-opératoire d'un malade en occlusion. En effet au cas où la désobstruction serait indiquée, la perméabilité du lit d'aval constitue en elle-même un facteur déterminant de réussite.

Au terme de cette surveillance clinique, une décision pourrait être prise :

- devant une amélioration, le traitement médical serait continué ;
- à l'inverse, l'indication d'une angiographie pourrait être posée si l'allure clinique suggérait la possibilité d'une forme grave. Par forme grave il faut entendre :
  - . les formes avec perte de connaissance supérieure à une heure,
  - . les formes avec coma persistant,
  - . les formes avec aggravation secondaire du déficit neurologique focal ou des troubles de la conscience.

L'existence d'un obstacle anatomique à l'artériographie serait probablement fréquente dans ces cas, car aussi bien dans les embolies cérébrales que des ramollissements en général, la fréquence des formes avec obstacle semble supérieure à celles sans obstruction artérielle.

Si la nature embolique cruorique de l'accident pouvait être affirmée avec certitude il ne semblerait pas déraisonnable de poser une indication opératoire dans la mesure où dans ces cas l'évolution est toujours sévère sur le plan fonctionnel et souvent fâcheuse sur le plan vital.

Si une embolie n'était pas en cause l'indication serait plus délicate car ces tableaux cliniques sévères sont ceux qui prêtent le plus à confusion avec des accidents hémorragiques.

- Seuls les cas où les signes cliniques resteraient stationnaires poseraient à l'heure actuelle des problèmes insolubles, du moins tant que cette chirurgie n'aurait affûté ses armes sur des cas où l'indication opératoire froisse moins la conscience.

Or c'est justement dans ces formes, l'obstruction étant plus limitée ou mieux tolérée par le cerveau du moins si elle existe, que les succès les plus importants risqueraient d'être enregistrés.

En attendant qu'une appréciation exacte de l'état de la barrière hémato-encéphalique soit possible, seraient considérés comme facteurs favorisants au cas où une indication opératoire serait posée :

. l'âge jeune du sujet,
. la nature embolique de l'obstruction,
. la précocité avec laquelle les moyens d'augmenter la circulation de suppléance aurait été mise en oeuvre,
. enfin l'existence sur l'artériographie d'une circulation collatérale rétrograde visible sur les temps tardifs.

Si cette chirurgie venait un jour à atteindre le stade clinique, il est probable que l'ensemble de ces critères permettrait une sélection aussi consciencieuse que possible des premiers cas à lui soumettre.

CONCLUSION - RESUME

Nous avons essayé d'appliquer l'expérience que nous avions acquise au laboratoire à la suture des artères cérébrales de l'Homme à l'intérieur de la boîte crânienne. Cette étude s'est bornée à des exercices d'amphithéâtre.

Elle nous a incité à rechercher les limites éventuelles de son application. La revue de quelques cas où une désobstruction a été tentée en neuro-chirurgie humaine nous a servi de base de référence.

Un essai d'explication des échecs fréquents de ces tentatives a été recherché. Une esquisse des indications éventuelles de cette chirurgie a été ébauchée.

Mais il ne s'agit que de suggestions parfois hypothétiques, car nous nous sommes avancés, sur ce terrain à peine défriché, avec beaucoup de lacunes et d'inexpérience.

oOo

ARRET CIRCULATOIRE ENCEPHALIQUE

Chapitre IV

"La chirurgie cardiaque a acquis toutes les conditions d'un acte chirurgical idéal : opérer un organe strictement immobile, privé de tout saignement et réaliser une opération mesurée, approfondie et minutieuse".

Telle était l'opinion exprimée par le Professeur de GAUDART d'ALLAINES, à l'occasion d'un Symposium International sur l'Hypothermie Profonde, tenu à Paris en 1962.

I. - GENERALITES

La chirurgie réparatrice des artères du cerveau, si elle doit se développer un jour, aura des exigences au moins égales. Elle réclamera un arrêt circulatoire complet limité à un territoire vasculaire ou étendu à l'ensemble de la circulation encéphalique.Pour prolonger cet arrêt au-delà des trois minutes allouées sur un cerveau en normothermie, il est indispensable d'augmenter la tolérance du tissu nerveux à l'ischémie. Actuellement l'hypothermie représente le moyen le plus commode.

Depuis longtemps déjà, on savait que la température centrale de l'Homme ou des animaux pouvait être abaissée de façon notable.

Des observations éparses dans la littérature (139) rapportaient des cas exceptionnels "de belle au bois dormant" : telle cette jeune femme de 23 ans qui s'était endormie dans la neige, par une rude nuit d'hiver, quelque part dans la région des grands lacs. Amenée au refuge le plus proche, elle était en état de mort apparente : rigidité complète, pression artérielle nulle, fréquence cardiaque entre 12 et 20, rythme respiratoire à 5 par minute, température rectale à 16°C. Le réchauffement à la température de la pièce pendant les vingt heures suivant son arrivée, avait permis la guérison.

Peu avant la Deuxième Guerre Mondiale, la température de mammifères (Chiens, Chats, Rats) avait pu être abaissée artificiellement au laboratoire sans assistance circulatoire, à des niveaux surprenants : entre 9 et 15°C . La température la plus basse jamais atteinte étant de - 8° C. Le réchauffement était couronné de succès (GIAJA - 124).

Mais à la même époque TEMPLE-FAY (122) ouvrait la voie de l'hypothermie en clinique humaine.

Mais il fallait attendre 1950 pour voir éclore un nombre considérable de travaux sur l'hypothermie et son action protectrice sur le coeur et le cerveau (LABORIT - 137 ; MALMEJAC - 146).

Une telle abondance répondait essentiellement à l'appétit des chirurgiens cardiaques d'alors. Engagés sur la voie magnifique de réparation complète des malformations cardiaques à coeur ouvert, ils souhaitaient un arrêt circulatoire prolongé pour opérer sur un coeur exsangue et pour réduire le temps de circulation extracorporelle.

II - LES MODALITES D'ACTION DE L'HYPOTHERMIE, LA DUREE D'ARRET CIRCULATOIRE POSSIBLE EN FONCTION DE LA TEMPERATURE ALLAIENT PROGRESSIVEMENT ÊTRE DEGAGEES.

L'hypothermie agit d'une part en diminuant les besoins métaboliques et d'autre part en augmentant la solubilité de l'oxygène dans le plasma.

1 - L'hypothermie diminue les processus respiratoires cellulaires et partant abaisse la consommation d'oxygène.

Si l'on côte 1 le métabolisme à 37°, on peut l'apprécier à 3/4 à 32°, 1/2 à 28°, 1/3 à 25°, 1/12 à 10°.

La consommation d'oxygène ne devient nulle qu'à l'arrêt de toute activité cellulaire, c'est à dire aux alentours de - 80° (seuls d'ailleurs les micro-organismes peuvent atteindre cette température avec espoir de retour).

Bien entendu, ces valeurs de la consommation d'oxygène en fonction de la température ne sont valables qu'en l'absence de frissons, éventualité qui augmente les besoins métaboliques dans des proportions considérables.

2 - L'hypothermie augmente la solubilité plasmatique de l'oxygène,

a tel point qu'en hypothermie profonde la totalité de l'oxygène nécessaire aux cellules pourrait être apportée par l'oxygène en solution dans le plasma.

Ce phénomène est d'ailleurs réalisé dans la nature. Certains poissons de l'océan arctique (chaenocephalus) vivant dans l'eau glacée n'ont pas d'hématies. Leur plasma suffit au transport de l'oxygène.

Cette propriété justifie pleinement l'emploi de l'hémodilution en hypothermie, tout problème d'agglutination (sludge) intra-vasculaire étant mis à part.

Bref, l'hypothermie en affectant plus les phénomènes de contraction rythmiques cellulaires que les processus de diffusion et en augmentant la solubilité de l'oxygène dans le plasma, permet au tissu nerveux refroidi de tolérer des arrêts circulatoires prolongés, avec retour ad integrum.

3 - D'après ROSOMOFF (158, 159,160,161,162,163), en tenant compte du degré de réduction métabolique, les durées d'anoxies cérébrales tolérées en fonction de la température devraient donc correspondre aux chiffres suivants :

37°	3 à 5 minutes
32°	6 à 8 minutes
28°	10 à 12 minutes
25°	15 à 20 minutes
15°	30 à 45 minutes
10°	60 minutes

Tels sont des chiffres bruts qui ne résument pas entièrement la tolérance générale du corps humain soumis à une hypothermie profonde. Quo usque tantem ?

Pour répondre à cette question, il suffit de désigner la frontière qui se dresse au milieu de l'hypothermie. Un chiffre la résume : 28°C. En effet, lors de la chute thermique d'un individu soumis à une hypothermie, c'est toujours aux alentours de 28°C, parfois en dessous, rarement au-dessus, que se produisent des troubles du rythme conduisant à la fibrillation ventriculaire. La zône de 28 - 30° C semble bien représenter chez l'Homme une limite à ne pas franchir raisonnablement sans assistance circulatoire.

Cette référence thermique sépare radicalement 2 types d'hypothermie :

a) L'hypothermie modérée de surface,

ou les hypothermies cérébrales localisées qui ne nécessitent pas d'assistance circulatoire car la température du corps ne descend pas au-dessous du seuil dangereux.

b) L'hypothermie profonde généralisée qui ne saurait, dans l'état actuel des choses, être entreprise sans circulation extracorporelle.

Nous envisagerons successivement :

- l'hypothermie modérée de surface et les méthodes d'arrêt circulatoire dans le cadre de cette technique.

- l'hypothermie profonde par C.E.C., avec arrêt circulatoire,

- les hypothermies cérébrales localisées, sorties assez peu jusqu'à maintenant du domaine expérimental.

III.- L'hypothermie modérée de surface

Elle a pour but d'abaisser la température du corps aux environs de 30° C.

L'anesthésie suivant ses modalités (cocktail lytique ou non) peut déjà à elle seule abaisser la température centrale. Elle comporte toujours une intubation trachéale, car la curarisation est indispensable pour éviter la survenue de frissons.

1 - Moyens de la produire

Pour abaisser la température centrale dans les limites de l'hypothermie modérée, plusieurs méthodes sont utilisables.

Aux méthodes maintenant classiques du refroidissement de surface (bain glacé, couvertures réfrigérantes, refroidissement par air froid pulsé) s'est ajouté, depuis 1960, une technique qui procède par refroidissement du sang veineux, dérivé transitoirement dans un circuit extracorporel.

a) Les méthodes de réfrigération de surface :

- Ces méthodes semblent, d'après les travaux qui ont pu être effectués chez le Chien, d'autant mieux tolérées qu'elles entrainent une réfrigération plus lentement progressive ; le refroidissement par air en hémodilution s'avère un procédé de choix (168).

- Le bain glacé et les techniques qu'il convient de lui rattacher (vessie de glace, couverture refroidissante) comportent un délai de refroidissement moyen compris entre une heure un quart et une heure trois quart. Le malade doit être sorti du bain lorsque la température atteint 33°C, car il se produit toujours,une fois que le malade a été soustrait à l'eau glacée, une chute thermique (after drop) mal prévisible de l'ordre de trois degrés en moyenne.

- Les possibilités de refroidissement par air ont été essentiellement exploitées par les Suédois (table d'hypothermie) et les italiens (air froid pulsé par un appareil à air conditionné). Dans toutes ces méthodes, l'air froid est produit à l'intérieur d'un manchon qui entoure le corps du malade, laissant à découvert la région cervico-céphalique.

Ces méthodes procurent une température adéquate en 2 heures (en moyenne). Elles s'accompagnent également d'un after drop de l'ordre de 3 degrés, aisément contrôlable en cas de dépassement grâce à la possibilité de pulser de l'air chaud.

b) Refroidissement par shunt veino-veineux

Cette méthode a été décrite par FOLTZ et FREDERICKSON (123) en 1960. Elle consiste à faire passer le sang veineux d'une veine saphène interne dans un circuit extracorporel comportant une pompe et un échangeur thermique. Le sang refroidi est réinjecté dans une veine brachiale. Le patient ne subit pas d'héparinisation puisque le sang du circuit extracorporel (150 ml) contient un peu d'héparine au départ.

Le refroidissement rapide demande de 20 à 40 minutes, et varie en fonction du poids. Contrairement aux méthodes précédentes, il se produit à l'arrêt du refroidissement une élévation thermique (after rise) de l'ordre de 2 à 3° C, dont il importe de tenir compte.

Les auteurs italiens ont utilisé cette méthode dans 11 cas. Ils la jugent intéressante chaque fois qu'un contrôle des vaisseaux à la base du cou n'est pas envisagé. Elle serait indiquée pour le traitement des anévrusmes de la Communicante Antérieure, selon la méthode de POOL. Toutefois, ils signalent les difficultés parfois rencontrées pour cathétériser la veine brachiale dont le calibre permet une bonne réinjection.

2 - Durant la mise en oeuvre de toutes ces techniques d'hypothermie, il importe de surveiller l'électrogénèse cérébrale et cardiaque, d'évaluer la température cérébrale par mesure directe ou extrapolée.

a) L'électro-encéphalogramme (E.E.G.)

est peu modifié en hypothermie modérée. Tout se résume à un ralentissement du rythme de fond, quelques ondes delta sporadiques, quelques bouffées théta.

b) L'électro-cardiogramme (E.C.G.)

est généralement peu perturbé. Bradycardie, élargissement de PR, allongement de qrs, sur ou sous-dénivellation de ST sont des incidents habituellement rencontrés.

Il est plus rare d'observer des extra-systoles auriculaires ou même ventriculaires. Cependant de telles manifestations, et ce d'autant plus qu'il existe des antécédents cardiaques, obligent à ne jamais descendre au dessous de 30° C (au moins sans assistance circulatoire). La fréquence de ces incidents apparait nettement diminuée par l'emploi de l'hémodilution et le maintien d'une ventilation alvéolaire correcte.

c) La température cérébrale

constitue un élément important d'appréciation quant à la durée tolérable d'arrêt circulatoire.

Beaucoup d'auteurs considèrent que la température oesophagienne dépasse d'un degré la température du cerveau. D'autres voient dans la température naso-pharyngienne un reflet plus fidèle. Certains enfin accordent un crédit à la température tympanique (conduit auditif externe) le tympan étant sensiblement isotherme au cortex cérébral.

Si la mesure de la température cérébrale donne toute satisfaction dans l'immense majorité des cas, il persiste toutefois un danger : le degré de réduction métabolique peut ne pas être en accord avec l'importance de la chute thermique. La durée de l'arrêt circulatoire autorisé, pourrait alors dans certains cas être gravement surestimée.Certains auteurs ont donc proposé de mesurer la quantité de gaz carbonique exhalé lors de la respiration artificielle, à volume constant, grâce à un enregistrement continu. Cette méthode rendrait plus fidèlement compte de la réduction métabolique et par conséquent de la diminution de la consommation d'oxygène.

IV - MOYENS D'ARRETER LA CIRCULATION ENCEPHALIQUE EN HYPOTHERMIE MODEREE. TEMPS D'INTERRUPTION CIRCULATOIRE AUTORISE.

Ces moyens peuvent se grouper en 3 rubriques :

Le clampage des grands axes vasculaires à destinée cervico-encéphalique, dans le médiastin antérieur au cou, ou bien dans le crâne.

Le clampage des veines caves après thoracotomie (inflow occlusion).

La fibrillation ventriculaire contrôlée à thorax ouvert ou fermé.

1 - Le clampage des grands axes à destinée cervico-encéphalique

Mis à part des cas bien particuliers de distribution vasculaire, il est bien connu que :

a) le clampage des 2 carotides (primitive ou interne) au cou, est loin de procurer un champ exsangue au niveau du cerveau.

b) le clampage des 3 gros troncs (tronc bracchio-céphalique, carotide interne et sous-clavière) dans le médiastin antérieur n'assèche pas le champ cérébral (KARLSBERG et ADAMS - 135)

Ce phénomène s'explique aisément. Un tel clampage produit une hypertension plus ou moins marquée et surtout le sang suivant les intercostales remonte à contre courant dans la mammaire interne et le tronc cervico-intercostal. Les sous-clavières nourrissent alors la circulation vertébro-basilaire.

Si la communicante postérieure n'est pas fonctionnelle, cette méthode peut être efficace. Il doit en être ainsi dans un cas rapporté par LOUGHEED où le contrôle des 3 axes a permis un arrêt circulatoire de 5 minutes à 30°.

c) On est, par contre, étonné d'apprendre que le clampage des 2 carotides primitrives et des 2 vertébrales à la base du cou ne procure pas régulièrement un champ exsangue. Ceci est lié sans doute à la richesse des anastomoses de la vertébrale avec les branches du tronc thyro-bicervico-scapulaire (cervicale ascendante) et de la cervicale profonde. KARLSBERG et ADAMS rapportent leur expérience à ce sujet (54 cas) :

. dans 91 % des cas, le clampage des gros troncs (3 troncs dans le médiastin antérieur ou des 4 axes à la base du cou) réduit la taille d'un anévrysme abordé à la moitié de sa taille initiale.

. dans 87 % des cas "l'arrêt contrôle à un degré très important le saignement".

. Sur 54 cas, les auteurs ont eu quelques ennuis dans le contrôle des axes vasculaires :

- huit pneumothorax dont 2 bilatéraux, dépistés et traités sans suites fâcheuses,

- une déchirure d'une artère vertébrale,

- une plaie de l'artère sous clavière réparée, avec toutefois une embolie partie du lieu de suture.

- Pour juger la difficulté de ces abords, nous les avons réalisé chez dix cadavres avec l'idée d'apprendre à contrôler et à clamper six axes à la base du cou (2 carotides primitives, 2 vertébrales, 2 troncs thyro-bicervico-scapulaires). Compte tenu des modalités circulatoires envisagées plus haut, ce clampage serait à même de procurer un champ le plus souvent exsangue.

Dans tous les cas, nous avons procédé comme suit :

- écartement en dedans du paquet jugulo-carotidien,
- utilisation des repères opératoires classiques du creux sus claviculaire.

Si l'on excepte les deux premiers sujets, le contrôle des 6 axes à la base du cou ne nous a jamais demandé plus de 30 minutes, sauf dans un cas. Dans ce cas, nous n'avons pas réussi à isoler la vertébrale à droite. La taille normale de la vertébrale à gauche n'autorisait pas à penser à une agénésie de la vertébrale à droite. Devant ces difficultés, nous avons disséqué lar gement la région et découvert une cause à notre échec : la vertébrale droite naissait de la face postéro-inférieure de la sous-clavière et pénétrait dans le canal transversaire après un très court trajet. Le sujet était une femme obèse, bréviligne au cou très court. Aucun élément nerveux n'a jamais été lésé de façon flagrante. Nous n'avons jamais vu le canal thoracique à gauche. Connaissant son emplacement théorique en dedans et en avant de la veine vertébrale, nous ne pensons pas l'avoir lésé, sans pouvoir cependant l'affirmer.

d) les clips temporaires intra-craniens ont pu paraître représenter une solutrion satisfaisante devant les difficultés de l'assèchement du cerveau par clampage extra-cranien (LEBEAU - 141, POOL-156). Beaucoup les accusent d'être fortement traumatisants en particulier sur les artères pathologiques. Toutefois, avec le perfectionnement des clips temporaires (KHODADAD-53 et LOUGHEED-61) des vaisseaux de petit calibre (fémorales et carotides de Chat) ont pu tolérer un clampage pendant 4 heures sans thrombose post-opératoire ni dommage intimal à l'examen histologique.

Il semble que les méfaits des clips temporaires sur les artères cérébrales soient liés au facteur suivant : le flus systolique vient buter avec force sur l'artère clippée et crée une lésion mécanique du fait de la fragilité du vaisseau cérébral. Une telle éventualité ne se produirait pas si le clip temporaire s'adressait à un vaisseau soumis à une pression de 30 à 40 mm de Hg.

Il semble donc que les clips temporaires actuels pourraient être un utile complément pour assécher le territoire encéphalique, alors qu'un clampage extra-cranien n'aurait fait que réduire le flux.

2 - Temps d'interruption circulatoire autorisé lors du clampage des grands axes cervico-encéphaliques

Le nombre des auteurs ayant clampé un ou plusieurs axes vasculaires dans le médiastin antérieur, au cou, ou dans le crâne, est considérable.

Les durées maximales de clampage proposées, sont sujettes à de nombreuses variations, suivant les écoles.

Cela se conçoit car il est difficile d'affirmer l'exclusion totale du t territoire encéphalique. De plus, la conformation anatomique du polygone de Willis et l'importance des anastomoses extra-craniennes, n'ont pas toujours été pleinement précisés avant les interventions.

Pour ces raisons, nous ne citerons que deux groupes chirurgicaux,
BOTTEREL, WANDEWANTER, LOUGHEED et Coll. qui furent les premiers en 1958 à rapporter l'occlusion des 4 axes à la base du cou,
MASPES, MAROSSERO et MARINI, qui ont repris ce problème en comparant les données de la littérature à leurs 49 cas d'occlusion circulatoire partielle ou totale au niveau du cou.

a) Pour BOTTEREL et LOUGHEED (1958) - 18 cas (110)

- le clampage des 4 axes au cou, à 30° ne devrait pas dépasser 6 minutes,

- toutefois ces auteurs citent :

. un cas d'arrêt de 11 minutes à 30°,

. un cas exceptionnel ou 3 arrêts successifs séparés par une période de recirculation ont eu lieu :

pour le premier : 8'30 pour les 2 carotides primitives
6'30 pour les 2 vertébrales,

pour le second et le troisième, respectivement 4 et 5 minutes pour les 4 axes,

soit une interruption en trois fois de 15'30 pour les 2 vertébrales.

- l'angiographie vertébrale avec compression carotidienne devrait selon leur expérience être systématique si on envisage un clampage des vaisseaux au cou. Une communicante postérieure non fonctionnelle n'oblige alors qu'à un contrôle bicarotidien.

Une angiographie de la crosse et de sa gerbe vasculaire serait surement utile pour préciser d'aventuelles anomalies de la naissance des gros troncs et des vertébrales.

b) Pour MASPES, MAROSSERO et MARINI (148)

- à 28 - 30° C le temps maximum d'exclusion totale d'un territoire vasculaire ne devrait pas excéder 10 minutes, qu'il s'agisse des 4 axes au cou, ou d'une sylvienne dans le crâne.

Pour les 2 cérébrales antérieures en amont de la communicante antérieure, le temps d'occlusion pourrait être prolongé entre 10 et 15 minutes.

- Des arrêts supérieurs atteignant un total de 15 minutes seraient possibles, mais en plusieurs fois, séparés par des périodes de recirculation. Le total des arrêts et reprises circulatoires successifs ne devant pas être renouvellés plus de cinq fois.

- Parmi les malades qu'ils ont opérés dans ces conditions, aucune complication ne semble devoir être attribuée à l'hypothermie.

3 - L'occlusion des veines caves à thorax ouvert (Inflow occlusion)

SMALL et STEPHENSON (166) ont utilisé l'inflow occlusion. Cette méthode avait permis, dès les débuts de la chirurgie cardiaque, la fermeture de communications inter auriculaires en hypothermie modérée.

Le principe de leur méthode est simple :

- par sternotomie médiane, on contrôle, après ouverture du péricarde, les 2 veines caves et l'aorte ascendante ;

- au moment requis pour l'arrêt circulatoire, les veines caves sont clampées ; trente secondes plus tard, l'aorte ascendante ou le pédicule aorto-pulmonaire sont occlus à leur tour.

- dans ces conditions, un arrêt circulatoire complet peut être obtenu pendant 6 à 8 minutes. Il n'y a pas de distension majeure des troncs caves comme on aurait pu le craindre.

- Cet arrêt peut être renouvellé après des périodes de recirculation et atteindre un total de 30 minutes d'arrêt.

- Il n'y aurait pas de décès à imputer à la méthode.

- Cette méthode permet de contrôler aisément une fibrillation. Par contre, elle n'assèche pas complètement le champ cérébral à cause d'un tonus vasculaire résiduel de l'ordre de 20 mm de Hg.

Bien qu'elle ne comporte pas les ennuis de coagulation de l'hypothermie profonde, elle partage avec cette dernière l'inconvénient d'une thoracotomie.

4 - La fibrillation cardiaque contrôlée

a été utilisé à thorax ouvert et à thorax fermé.

a - à thorax ouvert par HOUSEPIAN et al. (131)

- dans ce procédé, la masse cardiaque est abordée par thoracotomie gauche.

- lorsque l'arrêt circulatoire est requis, le coeur est mis en fibrillation par un choc électrique.

- cette technique laisse persister au niveau de l'encéphale une pression résiduelle de l'ordre de 20 à 40 mm. de Hg.
- les périodes d'arrêt circulatoire sont de 4 minutes. Elles sont séparées par 60 secondes de massage manuel,
- la défibrillation est aisée.

Ces auteurs ont traité de cette façon dans un même temps opératoire deux malformations vasculaires chez un même sujet : un anévrysme du tronc basilaire à l'abouchement de la C.P. gauche, une vaste malformation angiomateuse du lobe occipital gauche, nourrie par l'artère cérébelleuse postérieure et inférieure gauche qui fut clippée. Le temps d'arrêt circulatoire requis pour cette double cure a été de 14 minutes 30 secondes.

b - La fibrillation cardiaque à thorax fermé a été mise au point par STEPHENSON et al., (167), les mêmes qui avaient utilisé l'inflow occlusion.

- cette fibrillation est induite par une sonde endocavitaire, placée dans le ventricule droit par cathétérisme d'une veine anté-brachiale. Le pacemaker d'entraînement peut faire varier le nombre de ses impulsions de 40 à 250 par minute. Le but consiste à entraîner le coeur du patient et de produire une tachycardie. Cette accélération artificielle de la fréquence cardiaque est responsable d'une diminution du temps de remplissage ventriculaire, d'une disparition de la systole auriculaire, d'une diminution de la compliance ventriculaire. Ainsi :

- pour un rythme cardiaque compris entre 140 et 200 par minute la pression systémique est de l'ordre de 30 à 40 mm. de Hg.,
- pour un rythme cardiaque supérieur à 200 par minute, la fibrillation ventriculaire survient en une à deux minutes.
- Bien entendu l'arrêt circulatoire est incomplet et les temps d'arrêts identiques à ceux déjà rapportés en cas de fibrillation : le temps maximum d'arrêt électif est de 6'30, le temps maximum d'hypotension de 16'30.
- Sur 12 malades opérés dans ces conditions (11 arrêts et une hypotension contrôlée) aucun accident mortel n'est à déplorer : aucun effet nocif ne semble avoir été constaté sur le coeur ou le cerveau.
- Toutefois il faut signaler la relative difficulté de la réanimation. Pour que le coeur récupère ses fonctions électriques et mécaniques spontanées normales, il faut compter un temps égal à celui de l'arrêt circulatoire (13'30 pour un arrêt électif de 6'30). La réanimation est conduite comme suit : à

la fin de l'arrêt circulatoire le coeur est en état de fibrillation ventriculaire. La défibrillation est alors précédée d'une minute de massage cardiaque externe. Une fois défibrillé, le coeur est entraîné au rythme de 60 à 80 impulsions par minute. Les systoles ventriculaires électriques puis mécaniques réapparaissent. La fibrillation auriculaire peut être observée. En cas de persistance, elle est réduite par un nouveau choc en fin d'intervention.

V - Hypothermie profonde par C.E.C.

Abaisser la température centrale chez l'Homme au-dessous de 28°C comporte, on le sait, un risque grave du moins en l'absence d'assistance circulatoire.

C'est pourquoi l'hypothermie profonde chez l'Homme au-dessous de 28°C comporte, on le sait, un risque grave du moins en l'absence d'assistance circulatoire.

C'est pourquoi l'hypothermie profonde chez l'Homme ne devait voir le jour qu'avec l'avènement et le perfectionnement de la circulation extra-corporelle.

Leur histoire est donc intimement mêlée.

1/ Historique

- C'est à JUVENELLE (133) que revient le grand mérite d'avoir proposé pour la première fois en 1952, l'association de l'hypothermie et de la C.E.C., pour maintenir en survie des chiens en fibrillation ventriculaire.

Dans le laboratoire de Crafoord, JUVENELLE utilisant successivement l'oxygénateur à disques de BJORK CRAFOORD, puis le poumon d'un autre chien comme oxygénateur biologique, obtient la survie d'animaux en fibrillation ventriculaire pendant 2 heures 30 à 12°. Il démontre la possibilité d'un arrêt circulatoire total de 30 à 40 minutes entre 7 et 10°.

- Les travaux de GOLLAN et PIERCE (125, 154), (1953-1955) devaient confirmer ce point de vue et mettre en relief l'intérêt de l'hémodilution lors de l'hypothermie profonde.

Les applications en chirurgie humaine n'allaient pas se faire longtemps attendre.

- En 1956, SEALY (164) réalisait pour la première fois la correction complète d'une tétralogie de Fallot, en alliant une hypothermie profonde (température oesophagienne à 9°3 C.) et un arrêt circulatoire de 30 minutes. Il utilisait un coeur poumon de Lillehei-Dewall qui comportait un oxygénateur artificiel extra-corporel.

- Dès 1959, DUBOST (119, 120) et coll., modifiant la technique de SEALY, allaient donner au laboratoire, d'abord, en clinique ensuite un essor considérable à l'hypothermie profonde. En 1962, cette équipe pouvait faire état de 180 interventions à coeur ouvert menées en hypothermie profonde.

- SERVELLE (165) se ralliait à son tour à la technique de SEALY et l'adaptait à son propre circuit extra-corporel.

- En 1959, au Westminster Hospital de Londres, DREW (118) mettait au point une méthode d'hypothermie profonde avec "autoxygénation". Contrairement aux équipes précédentes, il utilisait les poumons du malade comme oxygénateur au lieu d'un oxygénateur artificiel. Cette modalité d'hypothermie profonde était alors adoptée en France par MATHEY, et NEGRE et THEVENET (169).

Ainsi jusqu'en 1962, on ne disposait que de deux possibilités pour mener à bien une hypothermie profonde sous dérivation circulatoire, l'une utilisant "l'auto-oxygénation" (Drew), l'autre un oxygénateur artificiel (Dubost), impliquant toutes deux une thoracotomie.

- En 1962, WOODHAL, (174) puis PATTERSON et RAY (153) démontrent qu'une hypothermie profonde sous C.E.C. est parfaitement réalisable sans thoracotomie.

Cent vingt chiens sont opérés au laboratoire. Sept cas humains sont publiés avec cinq succès.

Une troisième possibilité s'offrait donc pour abaisser avec sécurité, la température centrale de l'Homme au-dessous de 28°C.

L'application de ces méthodes à la neuro-chirurgie a été principalement l'oeuvre de l'équipe neuro-chirurgicale de la Mayo Clinic (UHLEIN, Mac CARTY, MICHENFELDER). Il faut dire, sans pour cela diminuer leur mérite, que leur chance était grande de travailler côte à côte, dans le même hôpital, avec l'équipe de chirurgie cardiaque dirigée par KIRKLIN.

Que l'on juge par les dates :

- Début 1959, DREW rapporte à Londres ses premiers cas cliniques,
- le 2 mars 1960, cette méthode est appliquée pour une intervention neuro-chirurgicale à la Mayo Clinic.
- En 1962, PATTERSON et RAY publient leurs résultats cliniques relatifs à l'hypothermie profonde à thorax fermé, la même année, chirurgiens cardiaques et neuro-chirurgiens donnent de concert une application neuro-chirurgicale à cette technique.

En France, les applications neuro-chirurgicales de l'hypothermie profonde ont été moins nombreuses, mais tout aussi précoces.

- dès 1959, G. GUIOT, J. ROUGERIE, Ch. DUBOST les premiers opéraient un angiome cérébral dans le service du Professeur de GAUDART d'ALLAINES,
- en 1963, J. LEPOIRE et CHALNOT publiaient 3 cas d'anévrysmes opérés en hypothermie profonde à thorax ouvert.

2/ Action de l'hypothermie profonde sur le coeur et le cerveau (155), (107).

a - Généralités

Quelle que soit la méthode employée, le but est d'abaisser la température oesophagienne à 15°C. au minimum.

- Au début de l'emploi de l'hypothermie profonde des températures entre 9 et 12°C. étaient couramment atteintes.

- La survenue d'incidents ou d'accidents neurologiques post-opératoires (crises comitiales, mouvements anormaux) incita à ne pas descendre la température oesophagienne en-dessous de 15°C. Ce niveau est d'ailleurs suffisant puisqu'il permet un arrêt circulatoire de 40 à 45 minutes. Des arrêts plus prolongés restent possibles à condition qu'ils soient entrecoupés de courtes périodes de recirculation. Aux temps "héroïques" de l'hypothermie profonde en chirurgie cardiaque, des arrêts atteignant ainsi 120 minutes ont pu être réalisés, et suivis d'une récupération apparemment complète.

- Les accidents neurologiques observés au début du grand froid semblent liés à posteriori, pour la majeure partie d'entre eux :

. à des bulles gazeuses mal reconnues (à l'époque),
. à l'hypothermie trop profonde (au-dessous de 12°),
. à des phénomènes de "sludge" intravasculaires car l'hémo-dilution n'était pas utilisée de façon systématique,
. enfin et surtout à une rapidité excessive du refroidissement. L'expérience a montré qu'il importe absolument de ne pas tolérer entre la température oesophagienne et la température du sang froid injecté dans l'artère fémorale une différence thermique supérieure à 10 à 12°C. Ce gradient maximum est aussi valable pour le réchauffement.

b - Quelle que soit la méthode employée, l'hypothermie profonde déprime l'activité du coeur et du cerveau.

- Les altérations électro-cardiographiques :

Aux altérations de l'hypothermie modérée, déjà envisagées, succèdent dans l'immense majorité des cas une fibrillation ventriculaire qui survient entre 23 et 28° en moyenne. Cette fibrillation est généralement précédée par des extra-systoles ventriculaires de grande amplitude. Le niveau thermique auquel prend place la fibrillation dépend essentiellement de la vitesse du refroidissement et des modalités de la ventilation artificielle. D'après la plupart des auteurs le tracé s'aplatit au-dessous de 20°C. pour devenir iso-électrique vers 15°C.
Une évolution inverse est observée lors du réchauffement, mais la défibrillation spontanée vers 30°C., assez fréquente chez l'enfant, est très rare chez l'adulte.

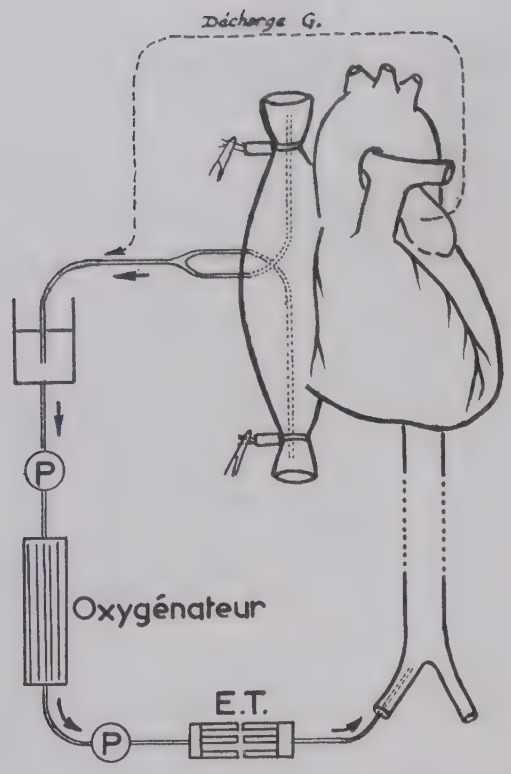
- Les altérations neurophysiologiques :

elles dépendent aussi, de façon approximative, du degré d'hypothermie.

. le réflexe photomoteur est le plus souvent très ralenti voire aboli à partir de 28°C.

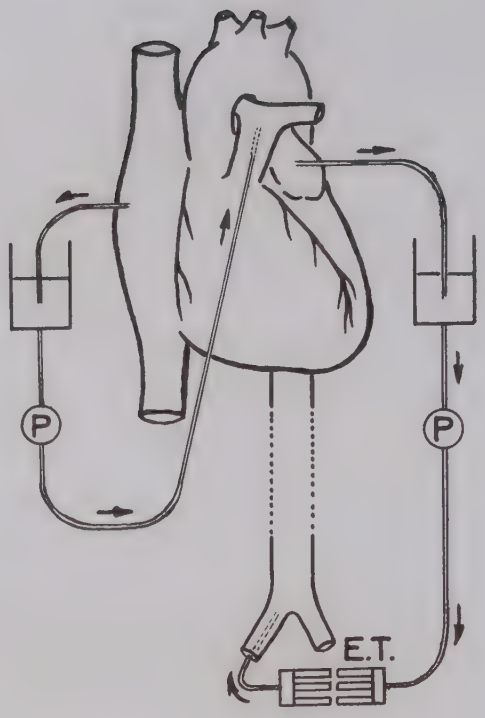
. le réflexe cornéen disparaît à 23°C. en moyenne.

. Le tracé E.E.G. subit au-dessous de 28°C. une évolution assez stéréotypée :
une première phase d'activité delta polymorphe (au-dessous de 25°C.), (Arfel G. et Weiss J. 108),
Est suivie de décharges paroxystiques périodiques de pointes ondes, rappellant un peu le tracé rencontré dans les leuco-encéphalites. Les figures paroxystiques sont particulièrement nettes et fréquentes chez le sujet jeune (entre 15 et 20°C.)
Au-dessous de 15°C., l'activité cérébrale devient discontinue, et l'allongement des périodes électriquement inactives aboutit à une extinction complète vers 10°C. en moyenne.
Toute extinction survenant pour des températures supérieures à 15°C. doit être considérée comme franchement anormale. Lors de l'arrêt circulatoire vers 15°C. l'extinction se produit en 2 à 3 minutes, alors qu'elle se manifeste 50 secondes après l'arrêt pour des températures de l'ordre de 30°C. (et 9 secondes à 37°C.)
Lors du réchauffement l'évolution inverse du refroidissement n'est nullement observée. Le temps de récupération de l'activité



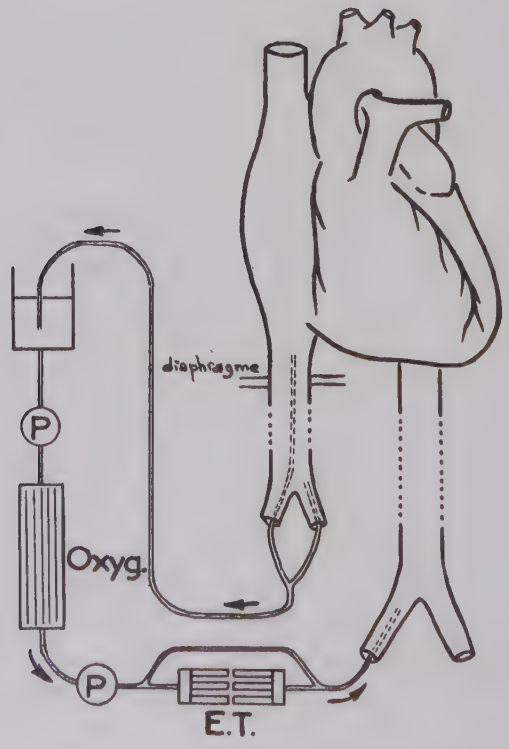
Méthode de SEALY-DUBOST

Fig. 25



Méthode de DREW

Fig. 24



Méthode à thorax fermé

Fig. 26

cérébrale est un précieux guide pronostic. Ce temps dépend de la profondeur de l'hypothermie et de la durée de l'arrêt circulatoire ; toujours court pour des arrêts circulatoires de moins de 30 minutes, il s'allonge considérablement si l'arrêt a été poursuivi au-delà de ces limites. Il semble faiblement influencé par des périodes de recirculation aux basses températures. Ainsi la reprise de l'électrogénèse corticale semble dépendre bien plus des conditions de l'arrêt circulatoire, que des modalités du réchauffement.

3/ Les méthodes

Elles comportent toutes une héparinisation totale (90 mg./m^2 de surface corporelle, ou 3 mg./kg. selon les équipes) avant la canulation des vaisseaux ou des cavités cardiaques.

a - La méthode de DREW (Fig. 24)

comporte schématiquement la progression suivante :

- Etablissement d'une C.E.C. gauche (circuit oreillette gauche, artère fémorale à travers une pompe et un échangeur thermique), assurant à la fois la circulation systémique et le refroidissement.

- La mise en route d'une C.E.C. droite (circuit oreillette droite, artère pulmonaire) quand le coeur droit devient inefficace, à partir de 28°C. ou au-dessous. Cette dérivation assure la perfusion du lit pulmonaire et par voie de fait l'auto-oxygénation grâce à la ventilation artificielle.

- Le débit systémique est fixé à un niveau qui serait suffisant pour assurer une oxygénation correcte même en normothermie, soit 2 litres à 2,500 litres/mn./m^2 de surface corporelle. Il importe toutefois de tenir compte des modifications du lit vasculaire lors du refroidissement et à l'inverse lors du réchauffement.

- On peut ainsi atteindre le niveau thermique désiré, généralement situé aux alentours de 15°C. Dans ces conditions on peut choisir entre un arrêt circulatoire complet de 30 à 45 minutes, et une circulation à bas débit de l'ordre de 0,6 à 1 l./mn./m^2.

Lors de l'arrêt circulatoire, la soustraction d'un litre de sang par les lignes veineuses est souhaitable. Elle améliore l'exposition cérébrale et diminue le saignement dû à la persistance d'une pression statique.
Cette quantité de sang sera restituée progressivement lors du retour en normothermie.

- A la reprise circulatoire le réchauffement est assuré par la C.E.C. gauche. La C.E.C. droite est arrêtée dès que le coeur peut être défibrillé et devenir efficace, habituellement aux environs de 31 - 32°C.

- La C.E.C. gauche est arrêtée lorsque le réchauffement est suffisant, aux environs de 34 - 35°C.

Cette méthode n'est actuellement plus employée que par son promoteur. Elle a été décrite car plus de la moitié des malades neuro-chirurgicaux de la Mayo Clinic soumis à une hypothermie profonde l'ont été avec cette méthode.

b - La méthode de SEALY-DUBOST (Fig. 25).

Elle comporte la mise en place d'une C.E.C. banale (circuit O.D. artère fémorale à travers un oxygénateur artificiel, une pompe "artérielle" et un échangeur thermique).

- L'oreillette droite reçoit deux canules destinées aux veines caves. La pose d'une petite canule dans l'oreillette gauche, pour offrir une voie de décharge au coeur gauche est facultative. Elle peut être remplacée par un massage manuel doux du coeur lors du refroidissement, afin d'éviter une distension éventuelle par le retour du sang bronchique dans l'O.G.

- Cette méthode très simple, ne diffère d'une C.E.C. normale que par l'interposition dans le circuit d'un échangeur thermique puissant.

- Enfin, elle se pratique actuellement en hémodilution ce qui a pour but de réaliser une économie de sang pour remplir le circuit, et aussi de lutter contre l'agrégation érythrocytaire ("sludge") aux basses températures.

- Les débits sont ici aussi de l'ordre de 2 à 2.500 l./mn./m^2 de surface corporelle.

- Lors du réchauffement le coeur est défibrillé aux environs de 31 - 32°C. s'il n'a pas repris son rythme normal spontanément. Le réchauffement est poursuivi jusqu'à 34°C., et le C.E.C. est arrêtée souvent après une courte période d'assistance à faible débit.

c - La méthode à thorax fermé (Fig. 26).

se pratique aussi le plus souvent en hémo-dilution.

- La température centrale du patient est d'abord amenée à 31 - 32°C. grâce à une hypothermie de surface (couverture réfrigérante), puis on procède à une triple canulation.

- Canulation des deux veines fémorales communes, une des canules étant montée dans la veine cave inférieure jusqu'au niveau de sa traversée diaphragmatique, l'autre seulement dans la veine cave inférieure abdominale.

Canulation d'une artère fémorale.

- Grâce à ces canulations artérielle et veineuse, on établit une dérivation circulatoire partielle. Toutefois les lignes veineuses ne drainant qu'une partie du sang de l'oreillette droite, les débits alimentant l'artère fémorale sont souvent beaucoup plus faibles que dans les méthodes à thorax ouvert : 1,1 à 1,8 l./mn./m^2 de surface corporelle.

Un tel débit est insuffisant en hypothermie modérée et à postériori en normothermie.

- Il est donc absolument capital de conserver un coeur efficace jusqu'à 28°C., qui puisse en ajoutant son débit propre à celui de la circulation extra-corporelle maintenir un niveau de perfusion correct.

- C'est pourquoi une réfrigération lente n'excèdant pas 1°C. par 3 minutes, une oxygénation correcte, la prévention de toute hypo ou hyper-ventilation, sont des précautions si importantes à suivre. Au-dessous de 28°C si le coeur fibrille, le débit du circuit suffit largement aux besoins, la ventilation du patient peut alors être arrêtée ou fortement diminuée.

- Ces conditions hémodynamiques, absolument nécessaires retentissent sur les modalités de la réfrigération :

. tant qu'il persiste des battements cardiaques (température supérieure à 28°), l'ondée systolique du V.G. et le flux de la pompe extra-corporelle se rencontrent à un niveau variable dans l'aorte. Il en résulte un refroidissement beaucoup plus rapide de la moitié inférieure du corps directement irrigué par le sang froid.

. Quand le coeur devient inefficace, le refroidissement s'accélère et l'hypothermie au fur et à mesure que la réfrigération progresse se répartit dans l'ensemble de l'économie.

. Le carbogène à 7 % est fréquemment utilisé dans le circuit pour favoriser une vaso-dilatation cérébrale et hâter le refroidissement encéphalique, déjà préférentiel.

- Lorsque la température requise est atteinte (température naso-pharyngienne à 15°C.) on peut là aussi choisir entre un arrêt circulatoire ou une circulation à bas débit. Une soustraction sanguine sur la ligne veineuse est habituelle.

- Le réchauffement fait parcourir ces étapes en sens inverse. Le coeur est défibrillé le plus tôt possible à 26 - 28°C. pour que son débit vienne s'ajouter le plus rapidement possible au débit de la pompe.

d - Comparaison des méthodes à thorax ouvert et fermé

- Ces méthodes ont un certain nombre de points communs.

. Elles ne peuvent être employées chez un sujet porteur d'une incompétence de l'orifice aortique, d'un canal artériel persistant ou d'une coarctation de l'aorte. Des fonctions hépato-rénales déficientes ou des troubles de la crase sanguine constituent aussi des contre-indications.

. Elles peuvent s'accompagner dans la période post-opératoire immédiate de trouble sévères de la coagulation. Cette éventualité, qui va en se raréfiant, constitue tout de même un lourd handicap en cas d'utilisations neuro-chirurgicales. Ces perturbations biologiques sont imputées pour une grande part à la circulation du sang à travers le système de tuyauterie, à l'héparinisation, au froid lui-même.

A l'heure actuelle de grands progrès ont été faits dans ce domaine. Le dosage de l'héparinémie résiduelle en fin de C.E.C. permet une neutralisation très exacte par le sulfate de protamine. On sait en effet que ce dernier agent en excès est aussi hémorragipare que le premier. Le dosage précis de l'héparinémie résiduelle ne peut être effectué correctement si l'hémodilution par les solutés macro-moléculaires (Dextran à bas poids moléculaire) est trop importante puisque ceux-ci eux-mêmes modifieraient la coagulation.

Il sied donc dans cette optique de ne pas dépasser le 1/10e de la volémie globale (soit 500 ou 700 ml. si l'on emploie des solutés macro-moléculaires) dans le circuit. (Raby) (157).

. De plus des contrôles systématiques en fin d'intervention détectent toute tendance à la fibrinolyse. Celle-ci est d'ailleurs de toute façon prévenue par l'injection systématique d'acide epsilon amino-caproïque.

. L'hémolyse post-opératoire est généralement modérée, de même que l'acidose métabolique, facilement compensée par des apports basiques (bicarbonate, T.H.A.M.)

- Chacune de ces méthodes a aussi un nombre d'avantages qui leur sont propres. (149)

. La méthode à thorax ouvert :

Ne nécessite pas une hypothermie de surface préalable et autorise une fibrillation précoce du fait de ses débits élevés. Elle permet un refroidissement rapide de 37° à 15°C. en 20 minutes, un réchauffement dans le même temps. Par contre elle ajoute à une craniotomie une thoracotomie avec ses risques locaux propres d'hémorragie et surtout de complications bronchopulmonaires. Or on sait quel effet défavorable produit une ventilation défectueuse dans les suites opératoires en neuro-chirurgie.

. C'est pourquoi la méthode à thorax fermé semble de loin préférable.

le risque principal, qui avait pu un moment inquiéter résidait dans la possibilité d'une dilatation des cavités gauches en l'absence d'un moyen efficace de décompression. L'expérience clinique prouve qu'il n'en est rien à condition toutefois de maintenir une pression basse dans l'O.D. de rechercher une fibrillation aussi tardive que possible au refroidissement, une défibrillation aussi précoce que possible au réchauffement, enfin en évitant les bas débits prolongés en hypothermie très profonde.

L'absence d'ouverture du thorax et du sac péricardique représentent l'avantage majeur de la méthode.

Cet avantage est suffisamment substantiel pour fermer les yeux sur certains petits inconvénients : la nécessité éventuelle d'une hypothermie de surface préalable amenant le malade à 32°+C. ; la lenteur relative du refroidissement et du réchauffement, dont la durée est approximativement double de celles à thorax ouvert (40 minutes) ; enfin la corde un peu raide que constitue l'absolue nécessité d'éviter toute fibrillation ventriculaire au-dessus de 28°C.

4/ Applications cliniques de ces méthodes

a - La méthode de DREW, puis celle de PATTERSON et RAY (à thorax fermé) ont été successivement employées en neuro-chirurgie à la Mayo-Clinic, par l'équipe de UHLEIN, Mac CARTHY, MICHENFELDER et KIRKLIN. (144).

b - Ces auteurs ont réservé l'hypothermie profonde avec arrêt circulatoire aux indications suivantes :

- anévrysmes multiples (bicarotidien, supra-clinoïdien) ;
- anévrysmes à base d'implantation large ;
- anévrysmes mal situés (communicante antérieure pointant en arrière) ;
- cercle de Willis anormal (absence de communication fonctionnelle entre les 2 circulations droite et gauche donc risque grave de ramollissement sylvien en cas d'interruption forcée de la carotide supra-clinoïdienne.

c - Quelle que soit la méthode employée, la craniotomie et la préparation des canulations ont été menées de concert. L'héparinisation générale avant les canulations périphériques n'a été entreprise qu'une fois le champ crânien sec. L'abord de l'anévrysme s'est effectué uniquement lorsque la température avait suffisamment baissé pour permettre un arrêt en cas de rupture. De plus la dissection et l'exposition de la malformation sont infiniment plus aisée sur cerveau profondément refroidi.

d - Ils ont ainsi opéré :

- 18 malades à thorax ouvert

Pour 3 d'entre eux, l'arrêt circulatoire n'a pas dépassé 10 minutes ; ils auraient donc pu être opérés en hypothermie de surface.

Les autres ont justifié l'indication.

L'arrêt circulatoire maximum a été de 44 minutes à 15°.

Le temps maximum de circulation à bas régime a été de 90 minutes.

La mortalité a été de 27,8 %.

- 26 malades à thorax fermé (dont 25 anévrysmes et un angiome).

Deux malades auraient pu être opérés sous hypothermie modérée.

Trois interventions ont été conduites sans arrêt circulatoire, mais seulement perfusion à bas régime, durant 15 à 87 minutes, à une température de 15°C.

Vingt trois malades ont subi un arrêt circulatoire à 15°C. compris entre 2 minutes 30 et 43 minutes.

. Le malade dont la circulation avait été arrêtée 43 minutes est mort. Les auteurs accusent un sacrifice des deux cérébrales antérieures.

. Par contre un autre malade qui est resté sans circulation pendant 39 minutes a survécu sans aucune séquelle neurologique.

. Le malade atteint d'angiome est mort du fait d'un saignement incontrôlable.

La mortalité globale a été de 19,2 %.

Aucune séquelle neurologique n'a semblé réellement imputable à l'hypothermie très profonde avec arrêt circulatoire.

- Parallèlement pendant le même laps de temps, de 1960 à 1964, ces auteurs ont opéré, par des "méthodes classiques" d'autres anévrysmes qui ne répondaient pas aux critères définis pour poser l'indication d'une circulation extra-corporelle.

Il est intéressant de comparer les pourcentages de mortalité sur 111 malades (presque tous porteurs d'anévrysmes artériels) :

18 opérés à thorax ouvert : mortalité 27,8 %
26 opérés à thorax fermé : mortalité 19,2 %
45 opérés sous-hypothermie de surface : mortalité 22,2 %
22 ligatures de la carotide : mortalité 4,5 %

. On sait ce qu'il faut penser de la ligature de la carotide.

. Le taux de mortalité apparaît plus élevé dans la méthode à thorax ouvert que celle à thorax fermé ; toutefois le nombre d'opérés n'est pas très considérables et les auteurs ne cachent pas que l'état des opérés à thorax ouvert était neurologiquement plus sévère que ceux à thorax fermé.

. Un point tout de même mérite d'être souligné : la mortalité avec ou sans C.E.C. est grossièrement identique. De plus les anévrysmes délicats opérés avec beaucoup d'aisance sous C.E.C. auraient sans doute donné de moins bons résultats sans C.E.C.

. De sorte que sans prétendre opérer tous les anévrysmes sous hypothermie profonde, on peut dire que lorsque les critères proposés par UHLEIN sont présents, il n'est pas déraisonnable de proposer une C.E.C.

e - En france quelques interventions neuro-chirurgicales ont été réalisées sous hypothermie profonde.

A notre connaissance, l'équipe neuro-chirurgicale de l'Hôpital Foch à Paris, et celle du centre hospitalier de Nancy, sont les premières à être entrées dans ce domaine.

- GUIOT D., et ROUGERIE J. (126, 128, 119, 120) ont opéré depuis deux angiomes cérébraux avec la collaboration de Ch. DUBOST.

. le premier malade âgé de 18 ans présentait un angiome rolandique gauche. L'exérèse délicate était menée à bien grâce à un arrêt circulatoire de 80 minutes. Une discrète parésie droite spastique

ne devait pas empêcher la reprise de l'activité professionnelle et sportive.

. le second malade était porteur d'un volumineux angiome frontal droit qui incorporait les deux artères cérébrales antérieures. L'intervention aboutit à un échec, l'hémostase de la cavité cérébrale s'avérant impossible à la reprise de la circulation. Ce cas mérite d'être rapproché de celui rapporté par UHLEIN, et cité plus haut.

L'indication d'arrêt circulatoire complet pour angiome ne paraît donc pas idéale dans la mesure où la tranche de section de l'exérèse risque de traverser la masse angiomateuse affaissée et mal différenciée du tissu sain lors de l'arrêt.

- GUIOT G., PIWNICA A., WEISS M. (127) et coll. ont rapporté un cas de fistule carotido-caverneuse traitée avec succès par oblitération du sinus caverneux, grâce à un arrêt circulatoire de 45 minutes.

- GUIOT G..., GUILMET D., WEISS M. et coll. ont réalisé récemment l'exérèse d'une tumeur glomique extrêmement adhérente aux vaisseaux voisins. L'hypothermie profonde a été induite à thorax fermé. Les suites opératoires ont été excellentes. Ce cas est en instance de publication.

- J. LEPOIRE de Nancy en collaboration avec le service de Chirurgie cardiaque du Professeur CHALNOT, a repris à son actif la méthode d'hypothermie profonde à thorax ouvert puis fermé. Il réserve cette modalité aux anévrysmes artériels volumineux, ou aux fistules carotido-caverneuses invétérées. Un membre de cette équipe prépare actuellement une thèse sur ce sujet (communication personnelle), (111, 112, 142).

VI - Hypothermie cérébrale sélective

La réfrigération sélective de la masse encéphalique représente peut être une solution d'avenir.

A l'heure actuelle elle n'a que timidement franchi le stade expérimental, en neuro-chirurgie.

Son intérêt majeur tient tout entier dans le fait qu'elle procure une hypothermie profonde cérébrale lobo-régionale, sans faire encourir les inconvénients et les risques d'une hypothermie profonde généralisée.

Deux solutions s'offrent pour mener à bien cette réfrigération sélective : le refroidissement électif du sang à destination encéphalique :
l'irrigation des cavités ventriculaires et des espaces sous-arachnoïdiens par une solution froide.

1/ Hypothermie sélective par voie vasculaire

a - Recherche expérimentale. Résultats

PARKINS, JENSEN et VARS en 1954 (152) ont les premiers l'idée de refroidir d'une façon sélective le cerveau du Chien afin de lui conférer une protection vis-à-vis de l'arrêt circulatoire.

Dans leur sillage beaucoup de chercheurs vont s'attacher à exploiter cette idée au laboratoire.

Certains auteurs ont utilisé un shunt carotido-carotidien (outre PARKINS, JENSEN et VARS en 1954, il faut citer : KRISTIANSEN, KROG et LUND, en 1956 ; ADAMS et PEVEHOUSE, en 1959 : LOURIE, en 1960 ; GRAHAM, en 1962). D'autres (CONOLLY, BOYD, CALVIN, en 1962) ont préféré un shunt fémoro-carotidien.

Quel que soit le type du shunt le principe de base n'a pas varié : le sang dérivé en aval est réinjecté par une pompe dans l'extrémité céphalique de la carotide du cou, après avoir traversé un échangeur thermique.

Nous ne citerons que trois équipes qui ont pu transposer leurs travaux expérimentaux dans des réalisations pratiques, lors d'interventions neuro-chirurgicales chez l'Homme, qui seront rapportées plus loin.

- Dès 1956, KRISTIANSEN, KROG et LUND (136) à l'Ulleval Hospital d'Oslo, se sont penchés au laboratoire sur ce délicat problème. Leur protocole d'expérience comportait :

. une dérivation carotido-carotidienne,
. un enregistrement de la pression systémique, au niveau de l'artère fémorale,
. enfin la détermination de la pression et du débit d'injection dans la carotide d'aval.

Ces auteurs, à l'issue de leurs expériences, rejoignent les conclusions de ROSOMOFF. Le seul moment critique de l'expérience se situe au tout début de l'hypothermie. Il se produit en effet une vaso-constriction cérébrale, qui cesse vers 23°C. environ. Cette vaso-constriction se traduit par une augmentation de la pression de perfusion qui contraint généralement à diminuer le débit de perfusion. Pour franchir avec sécurité ce stade de l'hypothermie, il convient donc d'essayer d'induire une vaso-dilatation cérébrale artificielle par le gaz carbonique (carbogène à 7 %) ou par de petites doses de ganglio-plégiques (Arfonad). Ce cap critique franchi, l'hypothermie progresse de façon satisfaisante. Ainsi, la température cérébrale du Chien a pu être abaissée à 11°C. sans signes de lésion cérébrale au réchauffement.

- CONOLLY, BOYD et CALVIN, en 1962, ont entrepris une étude analogue et détaillée des modalités du refroidissement carotidien sélectif chez le Chien, et de l'arrêt circulatoire en hypothermie profonde loco-régionale. Les animaux étaient préalablement préparés grâce à la ligature des deux artères vertébrales au niveau du défilé atloïdo-axoïdien, selon les techniques de KABAT, DENNIS et BAKER (1937) (cités par Conolly) (134). Dans ces conditions la circulation encéphalique du Chien devient presque exclusivement dépendante des axes carotidiens. Un refroidissement par voie carotidienne procure alors une hypothermie centrale parfaitement contrôlable. Au cours de cette hypothermie le froid a une répartition un peu inégale : l'hémisphère contro-latéral à la perfusion serait plus chaud de 2 à 3°C. que l'hémisphère homo-latéral ; le cervelet et le tronc cérébral qui ont une température voisine, sont plus chauds de 2°C. que les hémisphères cérébraux.

A 30°C. le cerveau tolère jusqu'à 25 minutes d'occlusion circulatoire, à 20°C. la tolérance atteint au moins 60 minutes. Dans les deux cas l'arrêt circulatoire est obtenu en gonflant un manchon qui entoure la région cervicale. Il n'est pas inutile de rappeler que dans des conditions strictement analogues, la durée d'interruption circulatoire autorisée en normothermie n'excède pas huit minutes.

- ADAMS et WYLIE en 1962, (105), font état d'expériences réalisées chez la Chèvre. La distribution vasculaire encéphalique chez cet animal se rapproche de celle rencontrée chez l'Homme. La plus grande partie de la vascularisation revient aux axes carotidiens, le système vertébro-basilaire se distribuant aux régions qui lui sont habituelles. Dans ces conditions, le refroidissement par voie carotidienne est incapable selon ees auteurs de s'étendre valablement au territoire vertébro-basilaire. La Chèvre ne peut ainsi tolérer des durées d'anoxie cérébrale prolongées. Ces constatations n'ont pas trouvé confirmation à l'occasion des hypothermies régionales chez l'Homme.

b - Applications cliniques

- KIMOTO, SUGIE et ASANO (cités par Conolly) ont rapporté les premiers, en 1956, une application à la chirurgie à coeur ouvert, de l'hypothermie cérébrale sélective par voie vasculaire. Ils ont utilisé cette méthode dans le but de prolonger la durée normalement tolérée en normothermie, pour l'occlusion totale des veines caves (6 minutes). Grâce à un refroidissement électif central amenant le cerveau à 20°C., le temps d'exclusion cave a pu être porté à vingt minutes. Soixante dix malades ont été opérés à coeur ouvert dans ces conditions.

- CONOLLY, BOYD, CALVIN en 1962, (113), utilisent cette méthode au cours d'interventions neuro-chirurgicales.

Une dérivation est établie entre la fémorale commune et la carotide primitive ; cette dérivation traverse un circuit extra-corporel voisin du circuit expérimental ; elle nécessite une héparinisation générale.

Le débit de perfusion carotidien est de l'ordre de 300 à 400 ml. par minute pour un individu adulte. La pression d'injection est soigneusement contrôlée au niveau de la ligne artérielle, et sa valeur règlée de telle sorte qu'elle ne dépasse pas le chiffre de pression prévu en fonction de la température. La pression artérielle systémique qui a tendance à chuter lors du refroidissement central, est soigneusement maintenue au-dessus du chiffre de 80 mm. de Hg. pour la maxima. Finalement une réfrigération centrale à 18 - 20°C. est atteinte en 15 à 20 minutes. A ce stade l'arrêt circulatoire encéphalique peut être procuré par le clampage des 4 axes (2 carotides, 2 vertébrales) à la base du cou, ou par l'interruption des 3 axes dans le médiastin antérieur, selon la méthode d'ADAMS et WYLIE. Dans l'un et l'autre cas l'arrêt circulatoire n'est pas absolument complet. La circulation résiduelle qui parvient à l'encéphale emprunte la voie vertébro-basilaire. Peut-être peut-on trouver par ce fait une explication satisfaisante à la tolérance de l'encéphale humain pour l'arrêt circulatoire (*) étant donné que le refroidissement du territoire vertébro-basilaire est toujours plus lent donc moins important que celui du cerveau. Toutefois cette circulation paraît faible, car pendant l'arrêt circulatoire qui peut atteindre 60 minutes à 20°C., le réchauffement des hémisphères cérébraux n'excède pas 3°C.

Quatre malades ont été opérés par les auteurs en suivant ce mode de réfrigération.

. le premier, porteur d'un anévrysme de la communicante antérieure, a subi 115 minutes d'arrêt circulatoire consécutifs, à une température centrale de 18°C. A la suite de cet arrêt, rendu exceptionnellement long par des difficultés techniques, le malade est mort au 8e jour post-opératoire, sans avoir repris conscience, dans un tableau proche de la décérébration.

. Le second cas opéré se rapporte à une réintervention pour une tumeur du glomus jugulaire. Le caractère incomplet de l'exérèse lors de la première intervention, motivé par une hémorragie abondante avait conduit à envisager une reprise sous interruption circulatoire. Dans

ce cas, avec un champ exsangue, dix minutes d'arrêt circulatoire à 20°C. ont permis une ablation complète de la tumeur. Les suites furent excellentes.

. Dans le troisième cas, il s'agit d'un anévrysme de type vestigial, situé au niveau de la carotide interne droite. Un arrêt circulatoire de 30 minutes à 20°C. a permis une cure aisée de la malformation. Les suites ont été satisfaisantes, et la survenue retardée au 4e jour, d'une hémiplégie gauche partiellement régressive a été attribuée à une thrombose sylvienne, liée au traumatisme opératoire.

. Le dernier cas concerne un anévrysme de la communicante antérieure, opéré avec plein succès grâce à 35 minutes d'occlusion à 20°C.

- ADAMS et WYLIE en 1962, dans une communication orale font état de cinq interventions humaines menées suivant un processus voisin de celui de CONOLLY et al.. Dans un cas, chez un malade proteur d'angiome, le refroidissement sélectif aurait été impossible vu la rapidité du refroidissement général associé, sans doute lié à la rapidité de circulation du sang froid vers les veines à travers les shunts artério-veineux.

- KRISTIANSEN, KROG et LUND en 1962, ont publié la plus importante série.

. Les premières interventions sont menées avec un shunt carotido-carotidien. Le circuit extra-corporel comprend une pompe, un échangeur thermique, un piège à bulles. Le circuit extra-corporel est rempli par 300 ml. de sang hépariné. On procède à une hémo-dilution par soluté macro-moléculaire. Une héparinisation générale précède la mise en place des canules. L'originalité de ce circuit perfectionné réside dans l'adjonction d'un servo-mécanisme électronique qui garde la pression de perfusion et le débit dans un rapport constant. Il prévient ainsi toute élévation dangereuse de la pression de perfusion au stade d'induction de l'hypothermie. Il renseigne ainsi sur l'importance de l'effet vaso-dilatateur à rechercher sur le cerveau perfusé. Cet effet est obtenu par une anesthésie au Fluothane, et éventuellement de petites doses de méthoplegium (Arfonad) intra-veineux. Le débit de perfusion est de l'ordre de 150 à 200 ml. par minute. La pression d'injection est maintenue à dessein légèrement supérieure à la pression systémique pour éviter la contamination par le sang chaud de l'hémisphère contro-

latéral. La température du sang perfusé est environ de 20°C. à la sortie de l'échangeur thermique. Par cette méthode un refroidissement rapide est obtenu en 10 à 15 minutes, qui procure les températures suivantes :

. Au niveau de l'hémisphère homo-latéral au circuit réfrigérant : entre 17 et 20° C. ;

. au niveau de l'hémisphère contro-latéral la température est plus élevée de 4 à 5°C. (cette dernière mesure a pu être effectuée lors d'une intervention pour gliome fronto-calleux à la faveur d'un volet bi-frontal) ;

. enfin le cortex est plus chaud de 2 à 3°C. que la substance blanche immédiatement sous corticale.

On ne possède aucune donnée chiffrée sur les températures du tronc cérébral, du cervelet, ou des cavités ventriculaires : on comprend que sous héparinisation générale les auteurs aient renoncé à une ponction ventriculaire aveugle. Apparemment la corne frontale n'a pas été ouverte lors de l'exérèse du gliome fronto-calleux. Malgré ce refroidissement localisé important, la température rectale ne s'abaisse que de quelques degrés, restant bien au-dessus du seuil théoriquement dangereux de 28°C. Le réchauffement cérébral s'obtient en rétablissant la circulation du sang par les voies anatomiques normales.

. KRISTIANSEN, KROG et LUND ont opéré 27 malades selon cette méthode, avec les indications suivantes :

. anévrysmes artério-veineux volumineux et profondément situés,

. cas sélectionnés d'anévrysmes sacculaires de la carotide interne ou de ses branches,

. tumeurs hautement vascularisées ayant des rapports très étroits avec les gros vaisseaux de la base du cerveau (par tumeurs hautement vascularisées, il faut entendre des gliomes car les auteurs n'ont pas couru le risque d'opérer des méningiomes par cette technique).

Seize anévrysmes artériels, 8 angiomes et 3 gliomes ont été opérés. En l'absence de contrôle large des axes vasculaires du cou, les auteurs n'ont pu obtenir que des arrêts circulatoires cérébraux partiels :

. soit au niveau d'une carotide en arrêtant la circulation extra-corporelle dans la carotide refroidie ;

. soit au niveau des deux carotides, en clampant de surcroît la carotide opposée :

. enfin l'arrêt a parfois été parachevé par un clip temporaire intra-crânien en amont d'une blessure vasculaire.

. Les résultats ont été les suivants :

. les 3 patients porteurs de gliomes sont morts dans les jours suivant l'intervention. Il s'agissait d'énormes tumeurs infiltrantes ;

. tous ceux atteints d'angiomes ont récupéré ;

. Trois sujets opérés pour anévrysmes sont morts ; ces décès ne doivent pas être imputés au passif de la méthode, mais plutôt à la gravité anatomo-clinique propre des lésions.

Parmi ces six décès, 2 peuvent être imputables à une hémorragie cérébrale diffuse, débordant largement le foyer opératoire. Et pourtant dans ces 2 cas, il n'a pas été possible de mettre en évidence un trouble de la coagulation. Le nombre des plaquettes était normal, l'héparine avait été apparemment correctement neutralisée en fin d'intervention, aucune activité fibrinolytique anormale ne s'était manifestée.

. Complications. Il faut signaler une complication au passif de la méthode : il s'agit d'une thrombose post-opératoire de la carotide interne par lésion intimale. Cette complication a amené les auteurs à modifier leur technique. La dérivation carotido-carotidienne a été abandonnée au profit d'un court circuit entre la fémorale au scarpa et la carotide externe, porte d'entrée vers la carotide interne. Durant la perfusion la carotide primitive est clampée au-dessous de la fourche carotidienne.

c - Discussion d'ensemble

Cette méthode d'hypothermie sélective par voie vasculaire serait finalement bien tentante sur le plan chirurgical à proprement parler, elle représente une intervention mineure, comparativement à la dérivation circulatoire totale avec hypothermie profonde. Elle procure rapidement un refroidissement bi-hémisphérique satisfaisant autorisant un clampage uni ou bi-carotidien.

La voie vasculaire utilisée pour produire l'hypothermie en ferait un procédé de choix dans le traitement des malformations du type angiomateux. Un refroidissement différentiel ne manque pas en effet de se proudire aux confins des zones normo et hypervascularisées.

Malheureusement c'est dans le cas précis des angiomes que les problèmes d'hémostase sont souvent cruciaux. Or cette technique d'hypothermie localisée expose grossièrement aux mêmes risques hémorragiques qu'une hypothermie profonde généralisée avec dérivation circulatoire totale : vu la nécessité d'une héparinisation générale, sa simplicité représente malgré tout un argument de poids pour

son utilisation en pratique neuro-chirurgicale. Cependant l'hypothermie par voie liquidienne ventriculaire se présente comme une rivale de qualité.

2/ Hypothermie par perfusion ventriculaire

Cette méthode a été l'objet de quelques travaux expérimentaux. Ces travaux n'ont pas eu pour but essentiel la réalisation d'une hypothermie focale à des fins d'arrêt circulatoire. Ils étaient inspirés par un désir thérapeutique ou des recherches neurophysiologiques d'avant-garde.

TEMPLEFAY en 1945, a été le pionnier de l'hypothermie localisée (rapport à la Harvey Cushing Society en 1958). Il appliquait ce traitement à des malades atteints d'infections intra-crâniennes et de tumeurs.

NEGRIN en 1960 (150) publiait un travail expérimental consacré à la réfrigération locale des structures nerveuses par irrigation. L'hypothermie médullaire et la protection de la moëlle contre l'ischémie était la préoccupation principale de l'auteur. Toutefois NEGRIN a traité avec succès un état de mal épileptique généralisé (1960) par perfusion intra-ventriculaire. Le liquide de perfusion était constitué par une solution de Hinger à 12°C. fut introduit sous un débit de 250 ml. par seconde ! pendant une heure. La pression du liquide céphalo-rachidien qui ne doit pas dans ce procédé excéder 45 cm. d'eau était mesurée tous les quart d'heure.

WERTHEIMER, DE ROUGEMONT et COLL. en 1961 (172) ont étudié chez le chien la possibilité d'une réfrigération préférentielle du cerveau par perfusion ventriculaire.

OWMAYA et BALDWIN, en 1962 (151) ont démontré tout d'abord sur des Chats, des Lapins et des Singes l'effet protecteur de l'hypothermie locale. Leur expérience chez l'Homme se limite au traitement d'état de mal épileptique. Ils ont essentiellement utilisé la réfrigération de contact qui ne nous intéresse pas en matière d'arrêt circulatoire. Un seul cas a été soumis à une perfusion intra-ventriculaire. Il s'agit d'un garçon de 16 ans traité pour une épilepsie myoclonique, sans succès d'ailleurs.

COSTAL, OWENS et WOLDRING en 1963 (114), ont apporté une contribution expérimentale à la technique de perfusion intraventriculaire chez le Chien, démontrant que cet animal n'a aucune séquelle après 7 heures d'hypothermie ventriculaire.

D'autres auteurs se sont intéressés, en neurophysiologie, à l'hypothermie locale, pour observer l'inhibition des structures centrales par le froid. Tel est

le fil directeur des travaux de TOKUOKA, AOKI, HIGASHI, TATEBAYASHI (170) en 1961, qui ont étudié la réfrigération intra-ventriculaire ; du travail de DONDEY et Coll. (116), qui ont obtenu le refroidissement du cortex et de la substance nerveuse sous-jacente par l'application de plaques métalliques, parcourues par une circulation d'eau froide ; de l'étude de H. David et J. Cahn - (115).

L'étude expérimentale de l'équipe italienne de Turin (V.A. FASANO et al. en 1962) (121) est de très haute qualité par sa précision et sa concision. Elle porte sur les modalités du refroidissement par voie ventriculaire chez le Chien (20 chiens au total).

- La perfusion du liquide froid (solution de Ringer) était menée comme suit :

. introduction par cathéter intraventriculaire mis en place dans les ventricules latéraux par 2 trous de trépan occipitaux ;

. sortie du liquide par un cathéter introduit par voie sous-occipitale dans la grande citerne ;

. circulation du liquide en circuit fermé dans un appareil extra-corporel comprenant un système réfrigérant ;

. la température à l'entrée dans les ventricules était de 2°C. (toutefois bien que les auteurs ne le spécifient pas, il est communément admis qu'il importe de refroidir progressivement le liquide du circuit pour atteindre finalement cette température d'injection) :

. la température à la sortie de la grande citerne était de 12°C. ;

. le débit de perfusion dans les cavités ventriculaires approchait de 12 à 15 ml. par minute. Ce chiffre évite en principe chez le Chien toute hyperpression ventriculaire, donnée qu'il importe de contrôler soigneusement.

- Avec ce système on obtient un refroidissement de 1°C. par minute, ce qui, compte tenu du temps de latence initial, amène en une demi-heure aux températures suivantes :

. 14°C. dans la région para-ventriculaire,

. 20°C. au niveau du cortex,

. 23°C. dans la région sous-thalamique,

. 10°C. au niveau du bulbe.

Comme on le voit, il existe par rapport à la température intra-ventriculaire une différence thermique de l'ordre de 5°C. au niveau du cortex, 8°C. au niveau des organes gris centraux.

Cette répartition non homogène de la réfrigération compte tenu de la pénétration ventriculaire du liquide, trouve une explication dans les inégalités de distribution vasculaire. Les régions les plus hautement vascularisées étant les plus difficiles à refroidir.

- Ce refroidissement des structures centrales entraîne :

. d'une part une diminution du flux sanguin cérébral, (déterminé ici au moyen d'un compte-gouttes à cellule photo-électrique, par dérivation du sang du sinus longitudinal supérieur ; le sang dérivé est réinjecté dans la veine fémorale) ;

. d'autre part des modifications du tracé E.E.G.
on note une désynchronisation et un abaissement du voltage. A basse température, l'animal supporte toutes les manoeuvres sans anesthésie.

Ce refroidissement des structures centrales n'influence pas les fonctions cardio-circulatoires ou respiratoires ; il affecte peu la température du corps : la température oesophagienne baisse au maximum de 1°C.

Ces dernières données confirment tout-à-fait "la dissociation entre le coeur et le cerveau" relatée par de nombreux auteurs tant en hypothermie par irrigation ventriculaire, qu'en hypothermie par voie vasculaire :

En réalisant une hypothermie profonde régionale sans incidence générale, sans qu'il soit besoin d'employer d'anticoagulants, cette méthode représenterait un procédé de choix pour l'arrêt circulatoire encéphalique.

A notre connaissance, elle n'a pas été utilisée en pratique neuro-chirurgicale. Au cas où elle le serait, il n'est pas impossible que l'hypothermie doive être étendue à la moëlle cervicale au cas où l'on voudrait clamper largement les axes vasculaires à la base du cou.

Conclusion d'ensemble :

La revue des avantages et des inconvénients propres à l'hypothermie en général, puis à ses différentes modalités, en particulier, fournira matière à conclusion.

1/ Hypothermie en général

a - D'une façon générale, l'hypothermie présente un certain nombre d'avantages :

- Elle autorise un arrêt circulatoire dont la durée dépend de l'abaissement thermique central.

- Elle facilite la rétraction cérébrale lors des interventions chirurgicales ; la répartition des liquides de la cavité crânienne se modifie en effet, de telle façon que l'eau intra-cellulaire diminue au profit du secteur extra-cellulaire (liquide céphalo-rachidien).

- Elle diminue la conséquence du traumatisme infligé au cerveau par l'écarteur. ROSOMOFF a bien montré l'effet protecteur de l'hypothermie sur le cerveau du Chien vis-à-vis d'un traumatisme standard. Telle contusion qui entraîne 50 % de décès en normothermie, n'aboutit à aucune évolution fatale si une hypothermie cérébrale à 21°C. est obtenue dans les trois heures suivant le traumatisme. Il semble que le déséquilibre enzymatique induit par le traumatisme cérébral soit beaucoup réduit par l'hypothermie. En particulier il n'y aurait pas d'épuisement du stock d'A.T.P. ase dont on connaît le rôle énergétique par la libération d'A.T.P. au niveau de la cellule. Par ce mécanisme la tumescence cellulaire serait bien moindre en hypothermie, alors qu'en normothermie un oedème majeur s'installe, avec destruction massive du parenchyme nerveux dans la zone traumatisée.

- Par contre l'hypothermie ne prévient pas la turgescence cérébrale produite par une interruption des veines corticales, en particulier des afférences veineuses para-sagittales.

b - Les inconvénients généraux de l'hypothermie pèsent moins lourds dans la balance ;

- L'hypothermie allonge un peu la durée d'une intervention ; elle peut être médiocrement tolérée chez le sujet âgé.

- Surtout elle favorise l'agrégation intravasculaire et le ralentissement circulatoire. Une hémodilution d'accompagnement est donc indispensable de même que le maintien de la pression artérielle à un niveau satisfaisant, non seulement pendant la réfrigération, mais aussi et surtout dès que le sujet revient en zone normothermique.

Pour ces raisons l'hypotension artérielle contrôlée pharmadocynamique ne semble pas devoir être associée avec bonheur à l'hypothermie.

2/ Les méthodes particulières d'hypothermie

a - L'hypothermie modérée de surface

- Elle est facilement obtenue, et généralement peu grevée de graves complications, à condition d'être conduite avec prudence. Elle n'oblige pas à une héparinisation générale.

Shunt temporaire

(utilisé sur l'aorte du lapin)

Fig. 27

- Par contre, elle procure rarement un champ encéphalique totalement exsangue, à moins que l'on ne complète le clampage des vaisseaux de la base du cou par un clip temporaire intra-crânien.

- Surtout elle n'autorise qu'un arrêt circulatoire limité à 10 voire 15 minutes. Tout arrêt d'une durée supérieure comporterait un risque non négligeable, même si l'on ménage de courtes périodes de recirculation.

- Dans ces conditions :
  - . on peut escompter "clipper" avec une entière sécurité un anévrysme bien situé, à collet étroit ;
  - . on peut à la rigueur espérer fermer la base d'un anévrysme à collet large mais bien situé, par une anévrysmoraphie linéaire, ou une endo-anévrysmoraphie ;
  - . on peut penser suturer une artériotomie longitudinale.
- Avec ce temps d'arrêt de dix minutes :
  - . les réalisations précédentes deviennent hasardeuses si la situation anatomique de la réparation est défavorable ;
  - . il semble par ailleurs exclu à l'heure actuelle de pouvoir réaliser un "patch" au fond de la cavité crânienne dans ce délai. L'utilisation d'un petit shunt temporaire ou la perfusion du tronc d'aval constituerait peut-être un moyen de tourner la difficulté (1) (Fig. 27).
  - . Il est absolument exclu (si tant est que celà soit un jour réalisable) de mener à bien un remplacement artériel segmentaire simple ou avec réimplantation de collatérales (cas d'anévrysmes géants) :
  - . Il est impossible d'intervenir sur la carotide interne dans le sinus caverneux :
  - . il semble risqué d'opérer des anévrysmes du système vertébro-basilaire si l'on envisage non pas un clip mais une réparation plastique.

Dans tous les cas où l'hypothermie modérée de surface ne donne pas une marge de sécurité suffisante, force est bien de s'adresser à une méthode procurant un temps d'arrêt plus prolongé (30 à 45 minutes).

---

(1) Une étude qui a déjà porté sur 15 animaux est en cours. Le principe de ce "micro-shunt" est analogue à celui de la dérivation utilisée en chirurgie carotidienne.

b - L'hypothermie profonde sous C.E.C.

Actuellement l'hypothermie profonde sous circulation extra-corporelle représente la méthode pla plus éprouvée.

Sa technique est actuellement parfaitement au point. Elle n'apporte pas un gros risque opératoire supplémentaire en elle-même, surtout dans sa variété à thorax fermé.

Par contre l'utilisation de l'héparine et les modifications de la coagulation, corollaires de toute C.E.C., restent un problème très préoccupant pour qui connaît la fragilité de l'hémostase au niveau du cerveau.

c - L'hypothermie sélective par voie ventriculaire

C'est la raison pour laquelle la réfrigération locale du système ventriculaire devrait être l'objet d'études approfondies. Si elle était réalisable couramment en neuro-chirurgie, elle permettrait des arrêts circulatoires prolongés sans le souci d'anomalies post-opératoires de la coagulation.

d - L'hypothermie sélective par perfusion carotidienne

Elle mérite un reproche majeur : elle nécessite l'emploi des anti-coagulants et la circulation du sang dans un circuit extra-corporel.

Avec cette méthode l'arrêt circulatoire encéphalique complet pose de nombreux problèmes dans la mesure où les conditions exactes du refroidissement des structures du territoire vertébro-basilaire, chez l'Homme, sont actuellement imparfaitement connues.

C'est pourquoi cette méthode parfaitement compatible avec un arrêt circulatoire dans le territoire des deux carotides avait fait naître de grands espoirs, surtout dans le traitement des angiomes hémisphériques. L'hypothermie vasculaire, s'exerçant tout naturellement le plus dans les zones hypervascularisées autoriserait sans doute un clivage plus facile entre la malformation et le parenchyme sain, avec la possibilité d'interrompre ou de rétablir à tout moment la circulation hémisphérique.

Mais en matière d'angiome, persiste toujours le problème des anti-coagulants. Que faire devant le saignement diffus en nappe d'une cavité si la biologie est impuissante ? Appliquer une feuille d'or ? Pourquoi pas puisque la neuro-chirurgie est vraiment une chirurgie de luxe.

Telle sont les perspectives actuelles de l'hypothermie qui devrait voir en neuro-chirurgie son emploi s'accroître de façon considérable, chaque fois qu'une intervention risque de conduire à la réparation d'un vaisseau intra-

crânien, qu'il s'agisse d'une malformation vasculaire, ou d'une néoformation ayant des rapports intimes avec un axe vasculaire vital.

Mais, qui tel roi aujourd'hui, est valet demain, dans quelques années l'hypothermie apparaîtra peut-être comme un moyen désuet pour diminuer les exigences métaboliques cérébrales.

En matière d'arrêt circulatoire encéphalique le blocage enzymatique cellulaire sera à l'hypothermie ce que les antibiotiques furent au bistouri dans le domaine infectieux. Les chercheurs, les vrais, les inventeurs qui sourient des manuels, auront alors arraché leur secret aux animaux hibernants.

oOo

C O N C L U S I O N S

La micro-suture des vaisseaux du cerveau représente pour beaucoup une entreprise utopique. En réalité au-delà des obstacles techniques qui cèderaient à un entraînement patient, on se heurte à une difficulté plus sérieuse encore : le choix des indications. Une sélection probablement défectueuse explique en grande partie les échecs enregistrés dans le petit nombre de cas opérés jusqu'à maintenant.

Beaucoup d'éléments interfèrent entre eux pour rendre ce problème angioplastique difficilement soluble s'il n'est envisagé dans son ensemble. C'est pourquoi un essai de synthèse des différents aspects de l'acte chirurgical vasculaire intra-crânien a été ébauché. Certains de ces aspects ont été étudiés à la lumière d'une expérience personnelle, d'autres au contraire ont été abordés par l'étude critique de la littérature spécialisée.

Avant d'envisager la suture des artères cérébrales, il a semblé utile de comparer les différentes méthodes de micro-chirurgie vasculaire actuellement disponibles, leurs résultats, la possibilité de leur adaptation à la chirurgie vasculaire cérébrale. Présentement les méthodes d'agrafage sont inapplicable pour les interventions intra-crâniennes. Les techniques de collage seraient très tentantes mais un produit adhésif très peu agressif reste à synthétiser, si bien que dans l'immédiat l'anastomose par suture reste le moyen le plus sûr. Néanmoins, il semble qu'un agent adhésif scellerait avec le fil une alliance tout-à-fait souhaitable en neuro-chirurgie vasculaire : en autorisant une micro-suture plus rapide, l'adhésif procurerait une suture plus rigoureusement étanche, et permettrait de réduire le temps d'arrêt circulatoire (chapitre I).

Puis les artères cérébrales humaines conservées, dans un sel mercuriel (Cialit), ont été implantées sur l'aorte abdominale du Lapin, suivant différentes modalités. La création d'anévrysmes expérimentaux faciles à produire au laboratoire, a été l'objet essentiel de ces interventions vasculaires. Cette méthode nouvelle a fait l'objet de comparaisons avec les autres procédés proposés

jusqu'alors pour la création d'ectasies artificielles. Des interventions angioplastiques sur ces anévrysmes ont constitué un préambule à l'étude des applications possibles à la chirurgie des ectasies artérielles intra-crâniennes. De rares chirurgiens ont déjà ouvert cette voie, peut-être prophètes d'une chirurgie règlée des malformations vasculaires du cerveau. Cinq tentatives ont été analysées, dont quatre ont eu recours à une micro-suture, et une seule à un "patch" collé (chapitre II).

Dès lors que la suture des artères cérébrales était réalisable dans des conditions faciles d'exposition, restait à prouver que leur fermeture était possible au fond de la cavité crânienne. La carotide interne supra-clinoïdienne a pu être suturée, sur le cadavre, à l'amphithéâtre. Cette recherche technique, encore à ses débuts, nous a incité à rapporter des cas où une artère cérébrale humaine avait été ouverte et désobstruée au cours d'interventions neuro-chirurgicales (13 cas). L'analyse clinique et angiographique avant et après l'opération a fourni matière à réflexion. Un essai d'explication des échecs, des dangers et des difficultés de cette chirurgie a été esquissé ; quelques suggestions ont été proposées pour pallier ces inconvénients et permettre une meilleure sélection (chapitre III).

Enfin, aucune chirurgie vasculaire n'est concevable sans hémostase temporaire régionale. Et pourtant l'interruption de tout ou partie de la circulation encéphalique engage à une lutte chronométrique, qui n'a pas d'équivalent en aucun autre point de l'organisme. Une comparaison des différentes méthodes susceptibles de fournir un champ vasculaire encéphalique exsangue méritait d'être établie. Les modalités d'application de l'hypothermie, sa profondeur font successivement envisager les moyens d'arrêter la circulation cérébrale en hypothermie modérée, en hypothermie profonde, en hypothermie sélective crânio-encéphalique. Toutes ces méthodes forment une gamme variée ou le choix peut s'exercer, compte tenu de l'effet recherché. L'hypothermie modérée de surface (31°C.) couplée avec le clampage intra et extra-crânien, fournit un arrêt circulatoire de six à dix minutes. L'hypothermie profonde (15°C.), beaucoup plus tentante pour le neurochirurgien depuis l'avènement de la modalité à thorax fermé, procure une possibilité d'arrêt circulatoire avoisinant 45 minutes. Les méthodes d'hypothermie sélective sont extrêmement séduisantes. La réfrigération localisée sous-arachnoïdienne ne comporterait pas, si elle était employée en clinique, les risques de modification de la crase sanguine afférents au refroidissement par voie carotidienne qui exige l'emploi d'héparine (chapitre IV).

Finalement ce travail n'a nullement pour but de prouver que la microsuture des vaisseaux du cerveau doit être appliquée à toutes les interventions vasculaires intra-crâniennes. Ce serait s'exposer par avance à de graves désillusions de croire que d'un coup d'aiguille magique toutes les ectasies vont être vaincues, toutes les obstructions vasculaires des gros troncs intra-crâniens, levées. Malgré tout il paraît justifié à l'issue de ce travail d'émettre quelques espoirs.

- La chirurgie des ectasies artérielles intra-crâniennes est actuellement loin d'être pleinement satisfaisante. Tantôt l'anévrysme est traité par une ligature à distance, tantôt son collet est oblitéré par des clips, dans des conditions parfois périlleuses, sans la sécurité que procurerait un arrêt circulatoire encéphalique. Il ne semble pas téméraire d'espérer traiter un jour ces malformations de façon plus rationnelle, en réalisant à leur niveau une angioplastie adéquate, après ouverture du sac à la faveur d'un champ opératoire exsangue. De plus certains anévrysmes qui échappent aux possibilités thérapeutiques actuelles en raison de leur taille ou de leur siège, seraient peut-être finalement curables sous couvert d'un arrêt circulatoire prolongé.

- En ce qui concerne les obstructions artérielles cérébrales aiguës l'optimisme doit être tempéré.

- Pour l'instant les quelques tentatives chirurgicales qui se sont adressées à des obstructions non emboliques ont été très décevantes.

- Les obstructions emboliques d'origine cardiaque en revanche ont fourni les plus beaux succès (2 cas). Dans ce domaine les indications devraient rapidement s'élargir, car il s'agit souvent de sujets jeunes, aux artères cérébrales saines. Les formes graves par l'importance des troubles de la conscience relèvent certainement d'une intervention, dans la mesure où leur évolution est généralement très sévère. Cependant il est probable que les résultats seront moins spectaculaires dans ces formes graves, que ceux obtenus dans des obstructions plus limitées, génératrices d'une ischémie plus légère, donc de signes neurologiques plus discrets mais non régressifs. Dans tous ces cas la qualité de la circulation de suppléance tient sous sa dépendance les altérations de la barrière hémato-encéphalique, pierres d'achoppement du rétablissement circulatoire.

- Enfin les thromboses de la carotide interne secondaires à une lésion athéromateuse de la bifurcation carotidienne au cou pourraient justifier dans certains cas, vus tôt, une désobstruction par voie mixte cervicale et crânienne.

Connaître de façon plus précise les différents paramètres qui autorisent à lever une obstruction artérielle dans un territoire cérébral ischémié ; disposer d'un moyen rapide et simple d'hypothermie sélective qui permette un arrêt circulatoire calculé :

Tels sont les buts à poursuivre si l'on désire étendre le champ d'influence de cette chirurgie nouvelle, encore à la recherche d'une maturité technique.

oOo

Vu, le Président de Thèse :

Pr. Charles DUBOST

Vu, le Doyen de la Faculté :

Pr. G. BROUET

Vu et Permis d'Imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris

Jean ROCHE

B I B L I O G R A P H I E

Ière PARTIE : chapitres I, II, III

1 - ALAJOUANINE Th. et THUREL R.-

La pathologie de la circulation cérébrale.
Rev. Neurol. 65, I276, I358 (I936)

2 - ALAJOUANINE Th., CASTAIGNE P. et LHERMITTE F.-

Physiopathologie des accidents vasculaires cérébraux.
XXXIe congrès français de Médecine.
Paris I957, Masson, éditeur.

3 - ALEXANDER Jr. E., ADAMS J.E., COURTLAND H.D. Jr.-

Complications in the use of temporary intracranial artérial clip.
J. Neurosurg., I963, 20 : 8I0

4 - ALKSNE J.F., FINGERHUT A.G., RAND R.W.-

Magnetically controlled focal intravascular thrombosis in dogs.
J. Neurosurg. , I966, 25 : 5I6.

5 - ANDROSOV P.I. (cité par KHODADAD)

New method of surgical treatment of blood vessel lesions.
Arch. Surg. (Chicago), I956, 73 : 902.

6 - ASK-UPMARK E., INGVAR D. (cités par SAHS A.C.)

A follow up examination of 138 cases of subarachnoid hemorrhage.
Acta med. scand. , I950, 138 : 15.

7 - BAKER A.B., IANNONE A.-

Cerebrovascular disease. I. The Large arteries of the circle of Willis
Neurology, I959, 9 : 32I.

8 - BERNARD W.F., CUMMIN A.S., VAWTER G.F., CARR J.G. Jr.-

Closure of vascular incisions utilizing a new flexible adhesive
Surg. Forum, I962, 13 : 231.

9 - BIKFALVI A., DUBECZ S.-

Observations in animal experiments with mechanised vessel suture
J. int. Chir. , I953, 13 : 481.

10 - BLACK S.P.W., GERMAN W.J.-

Observations on the relationship between the volume and the size of the orifice of experimental aneurysms.
J. Neurosurg., I960, I7 : 984.

11 - BLAKEMORE A.H., LORD J.W. Jr, STEFKO P.L.-

The severed primary artery in the war wounded. A non suture méthod of bridging arterial defects.
Surgery, I942, 12 : 488.

12 - BONDUELLE M., GUILLARD A.-

Les accidents vasculaires cérébraux. Essai de mise au point thérapeutique.
Thérapie, I962, janv. fév. : II8.

13 - BOUDIN G., BARBIZET, LABRAM C.-

Les anticoagulants dans le traitement des ramollissements cérébraux.
Bull. Mem. Soc. Med. Hôp. Paris, I960.

14 - BREWER G.E.-

Some experiments with a new method of closing wounds of the larger arteries.
Ann. Surg. , I904, 40 : 856.

15 - BROWN D., MEYER J.S.-

Cerebral collateral circulation : production of cerebral infarction by ischemic anoxia and its reversibility in early stages
Neurology, I957, 7 : 567.

16 - CAMBIER J.-

Evolution des idées concernant le traitement des accidents vasculaires cérébraux ischémiques.
Progrès Med. , I958, 20 : 363.

17 - CAMPBELL E., BURKLUND C.W.-

Aneurysms of the middle cerebral artery
Ann. Surg. , I953, I37 : I8.

I8 - CARPENTIER A.-

Utilisation des greffes hétéroplastiques dans le traitement des lésions de l'appareil valvulaire aortique. Etude biologique et technique. Premiers résultats cliniques.
Thèse Paris I966, N° 939.

I9 - CARREL A.-

Résults of the transplantation of blood vessels, organs and limbs.
J. Amer. Med. Ass., I908, 5I : I662.

20 - CARROL S.E. (cité par HAZAN).-

Experimental anastomosis of the left internal mammary artery using the NRC - volgelfanger stapling device.
Canad. J. Surg., I964, 7 : 643.

21 - CARTON A., KESSLER L.A., SEIDENBERG B., HURWITT E.S.-

Experimental studies in surgery of small blood vessels.
J. Neurosurg., I96I, I8 : 188.

22 - CARTON C.A., HEIFETZ M.D., KESSLER L.A.-

Patching of intracranial internal carotid artery in man using a plastic adhesive (Eastman 9I0).
J. Neurosurg., I962, I9 : 887

23 - CASTAIGNE P.-

Hémorragies centrales.
Rev. Praticien, I963, I3 : 3433.

24 - CASTAIGNE P., LHERMITTE F., GAUTIER J.C., ESCOUROLLE R.-

Athérome des artères cérébrales
Rev. Praticien , I960, 10 : 369I.

25 - CHASE M.D., SCHWARTZ S.I., ROB C.-

A technic of small arteries anastomosis.
Surg. Gynec. Obstet. , I963, II6 : 38I

26 - CHOU S.N.-

Embolectomy of middle cerebral artery.
J. Neurosurg., I963, 20, I6I

27 - COLLINS R.E. et DOUGLAS F.M. -

Small anastomosis with and without operative microscope. A comparative study.
Arch. Surg. Chicago I964, 88 : 740.

28 - COSSA P.-

Sur le traitement des ictus cérébraux d'origine vasculaire
Presse Méd. , I960, 68 : 2027.

29 - De BAKEY M.E., SIMEONE F.A.-

Battle injuries of the arteries in world war. II. An analysis of 2.47I cases.
Ann. Surg. , I946, 123 : 534.

30 - DUTTON J., YATES P.O.-

An experimental study of the effects of a plastic adhesive methyl-2-cyanoacrylate monomer -M2-C-1) in various tissues.
J. Neurosurg., I966, 24 : 876.

3I - EECKEN H.M. van der, ADAMS R.O.-

The anatomy and functional significance of the meningeal arterial anastomoses of the human brain.
J. Neuropath. Exp. Neurol. , I953, 12 : 132.

32 - GALLAGHER J.P.-

Pilojection for intracranial aneurysme. Report of progress.
J. Neurosurg., I964, 2I : I29.

33 - GARCIN R.-

Traitement médical des accidents cérébro-vasculaires.
Angiology, I966, I7 : 605.

34 - GAZENGEL.-

Etude de 276 embolies cérébrales d'origine cardiaque.
Thèse Paris I966.

35 - GENEST A.S.-

Experimental use of intraluminal plastics in the treatment of carotid aneurysms.
J. Neurosurg., I965, 22 : I36.

36 - GERMAN W.J., BLACK S.P.W.-

Experimental production of carotid aneurysms.
New Engl. J. Med., I954, 250 : I04

37 - GERMAN W.F., BLACK S.P.W.-

Observations on the relationship between the volume and the size of the orifice of experimental aneurysm.
J. Neurosurg. I960, I7 : 984.

38 - GIBBS J.R.-

On the advantages of opening certain intracrânial aneurysms.
J. Neurol. Neurosurg. Psychiatr., I957, 20 : I65

39 - GLYNN L.E. (cité par SAHS AL.)

Medial defects in the circle of Willis and their relation to aneurysm formation
J. Path. Bact., I940, 5I : 213.

40 - GROSS R.E., BILL A.H., PIERCE E.C.-

Methods for preservation and transplantation of arterial grafts.
Observations on arterial grafts in dogs. Report of transplantation of preserved arterial grafts in nine human cases.
Surg. Gynec. Obstet., I949, 88 : 689.

41 - GUILMET D., BRUNET A., PEDEFERRI G., WEISS M.-

Utilisation du monomère Eastman 910 en chirurgie thoracique expérimentale. Technique et premiers résultats.
Ann. Chir. Thor. Cardiovasc., 1964, 3 : 501.

42 - GUIOT G. et LE BESNERAIS Y.-

Oblitération de l'artère cérébrale moyenne sans séquelles neurologiques. Remarques sur les facteurs influençant l'efficacité des anastomoses périphériques.
Neurochirurgie, 1957, I : 287.

43 - HASSLER D.-

Experimental carotid ligation followed by aneurysmal formation and other morphological changes in the circle of Willis.
J. Neurosurg., 1963, 20 : I

44 - HAYES G.J., LEAVER R.C.-

Methyl-methacrylate investment of intracranial aneurysm (a report of seven years experience)
J. Neurosurg. , 1966, 25 : 79.

45 - HAZAN E.-

Etude technique de la chirurgie des petites artères. Essai d'application à la chirurgie expérimentale des artères coronaires.
Thèse, Paris 1964.

46 - HOLMAN E., HAHN R.-

The application of the Z plasty technic to hollow cylinder anastomosis. An experimental study in the surgery of blood vessels.
Ann. Surg., 1953, 138 : 344.

47 - HOPPENSTEIN R., WEISSBERG D., GOETZ R.H.-

Fusiform dilatation and thrombosis of arteries following the application of methyl-2-cyanoacrylate (Eastman 910 Monomer).
J. Neurosurg., 1965, 23 : 556.

48 - HOUSEPIAN E.M., POOL J.L.-

A systematic analysis of intracranial aneurysms form the autopsy file of the Presbyterian Hospital, 1914 to 1956.
J. Neuropath. exp. Neurol., 1958, 17 : 409.

49 - INOKUCHI K. (cité par KHODADAD).-

Stapling dévice for end to side anastomosis of blood vessel
Arch. Surg. (Chicago), I96I, 82 : 337.

50 - JACOBSON J.H., SUAEREZ E.C.-

Microsurgery in anastomosis of small vessels.
Surg. Forum, I960, II : 243.

5I - JACOBSON J.H., Jr., WALLMAN L.J., SCHUMACKER G.A., FLANAGAN M., SUAREZ E.L., DONAGHY R.M.P.-

Microsurgery as an aid to middle cerebral artery endarterectomy
J. Neurosurg., I962, I9 : I08.

52 - JASSINOWSKY A. (cité par KHODADAD).-

Die arteriennaht eine experimentell chirurgische studie (inaug dissert)
Dorpat, Ed. C. Mattiesen, I889.

53 - KHODADAD G.-

New clip for intracranial surgery and vascular microsurgery
J. Neurosurg., I967, 26 : 448.

54 - KHODADAD G., LOUGHEED W.M.-

Repair of small arteries with contact cement and teflon graft.
J. Neurosurg., I964, 2I : 552.

55 - KHODADAD G., LOUGHEED W.M.-

Repair and replacement of small arteries. Microsuture technique
J. Neurosurg., I966, 24 : 6I.

56 - KHODADAD G., LOUGHEED W.M.-

Stapling technique in segmental vein autografts and end-to-end anastomosis of small vessels in dogs.
J. Neurosurg., I966, 24 : 855.

57 - KLINE D.G., HAYES G.J.-

An experimental evaluation of the effect of a plastic adhesive methyl-2-cyanoacrylate on neural tissue.
J. Neurosurg. I963, 20 : 647.

58 - KOPPEN W. (cité par SAHS AL).-

Lähmung eines fohlens durch ein aneurysma der gehirnarterie verursacht durch sclerostomum armatum.
Berl. tierarztl. Wschr., I927, 43 : 346.

59 - LANG E.R., KIDD M.-

Electron microscopy of human cerebral aneurysms.
J. Neurosurg., I965, 22 : 554.

60 - LEHMAN R., HAYES G.-

The toxicity of alkyl-2-cyanoacrylate tissue adhesives : brain and blood vessels.
Surg. St Louis, I967, 6I : 9I5.

6I - LOUGHEED W.M., KHODADAD G.-

A new clip for surgery of intracranial and small blood vessels
J. Neurosurg., I965, 22 : 397.

62 - LOUGHEED W.M., GUNTON R.W., BARNETT H.J.M.-

Embolectomy of internal carotid middle and anterior cerebral arteries (report of a case)
J. Neurosurg., I965, 22 : 607.

63 - LOUGHEED W.M.

Central nervous system in hypothermia
Brit. Med. Bull. I96I, I7 : 6I.

64 - Mc CORMICK W.F., NOFZINGER J.D.-

Saccular intracrânial aneurysms. An autopsy study
J. Neurosurg., I965, 22 : I55.

65 - Mc CUNE W.S., SAMADI A., BLADES B.-

Experimental aneurysms.
Ann. Surg. , I953, 138 : 216

66 - Mc DONALD G.L., Hr., TOSE L., DETERLING R.A. Jr.-

A technique for reimplantation of the dog limb, involving the use of a mechanical stapling device and a rapidly polymerizing adhesive.
Surg. Forum, I962, 13 : 88.

67 - MESSER H.D., STRENGER L., Mc VEETY H.J.-

Use of plastic adhesive for reinforcement of a ruptured intracranial aneurysm.
J. Neurosurg., I963, 20 : 360.

68 - MULLAN S., BECKMAN F., VAILATI G., KRASICK J., DOBBEN G.-

An experimental approach to the problem of cerebral aneurysm
J. Neurosurg., I964, 2I : 838.

69 - NAKAYAMA K., YAMAMOTO K., TAMIYA T.-

A new simple apparatus for anastomosis of small vessels. Preliminary report.
J. int. Coll. Surg. , I962, 38 : 12.

70 - NATHAN H.S., NACHLAS M.M., SOLOMON R.D., HALPERN B.D., SELIGMAN A.M.-

Non suture closure of arterial incisions using a rapidly polymerizing adhesive.
Ann. Surg. I960, 152 : 648.

7I - NITZE (cité par KHODADAD)

Demonstration of apparatus for suturing vessels.
Zbl. Chir., I897, 24 : 1042

72 - PAYR E.- (cité par KHODADAD)

Beiträge zur technik der blutegefässund nervennaht nebst mittheilungen über die verwendung eines resorbirbaren metalles in der chirurgie.
Arch. Klin. Chir., I900, 62 : 67.

73 - PIAZZA G., GAIST G.-

Occlusion of middle cerebral artery by foreign body embolus Report of a case.
J. Neurosurg. , I960, I7 : I72

74 - POOL J.L., COLTON R.P.-

Dissecting microscope for intracranial vascular surgery.
J. Neurosurg., I966, 25 : 315.

75 - RIGGS H.E., RUPP C.-

Variation in form of circle of Willis
Arch. Neurol. , I963, 8 : 8

76 - SACHS E. Jr, ERBANGI A., MARGOLIS G., WILSON D.H.-

Fatality from ruptured intracranial aneurysms after coating with methyl-2-cyanoacrylate (Eastman 9I0 Monomer M2CI). Case report.
J. Neurosurg. I966, 24 : 889.

77 - SAHS A.L.-

Observations on the pathology of saccular aneurysms.
J. Neurosurg., I966, 24 : 792.

78 - SALMON P.A., ASSIMACOPOULOS C.A.-

Mic rosurgery ; review of the litterature and description of a modified technique.
Minnesota Med., I964, 46 : 679.

79 - SALMON J.M.-

Repair of small arterios
J. Cardiovasc. Surg. I963, 4 : 52.

80 - SCHEIBERT C.D.-

Middle cerebral artery surgery for obstructive lesions
Presented at metting of Harvey Cushing Society, New Orleans
2.5.I959

ou

Surgical excisions of occlusive lesions of the middle cerebral artery.
2nd International Congress Neurological Surgery, Washington
Excerpta Medica, I96I, 36 : I80.

81 - SCHNEIDER M.-

Survival and revival of the brain in anoxia and ischemia.
Anoxia and the E.E.G., Chapter 13, Ed. C.C. Thomas, Springfield

82 - SCHUMACKER H.B., LOWENBERG R.I.-

Experimental studies in vascular repair. Comparison of reliability of various methods of end to end arterial sutures.
Surgery , 1948, 24 : 79.

83 - SCOBIE D.H., SCOBIE T.K., VOGELFANGER I.J.-

Venous autografts.
Canad. J. Surg. , 1962, 5 : 471

84 - SEIDENBERG B., HURWITT E.S., CARTON C.A.-

The technique of anastomozing small arteries
Surg. Gynec. Obstet., 1958, 106 : 743

85 - STEGBENS W.E.-

Cerebral aneurysms of animals other than man.
J. Path. Bact., 1963, 86 : 160.

86 - SUAREZ E.L., JACOBSON J.H.-

Results of small artery endarterectomy. Microsurgical technique.
Surg. Forum, 1961, 12, 256

87 - SUGAR O.-

Pathological anatomy and angiography of intracranial vascular anomalies.
J. Neurosurg. , 1951, 8 : 3

88 - SUGAR O., TSUCHIYA G.-

Plastic coating of intracranial aneurysms with "EDM-Adhesive".
J. Neurosurg., 1964, 21 : 114.

89 - SUNDT T.M., NOFZINGER J.D., MURPHEY F.-

Arteriotomy patching by means of intraluminal pressure sealing venous autografts. A preliminary technical report.
J. Neurosurg., I965, 23 : 452.

90 - SUSSMAN B.J., FITCH T.S.P.-

Thrombolysis with fibrinolysin in cerebral arterial occlusion; the role of angiography.
Angiology, I959, IO : 268.

9I - TAKARO T.-

A Simple stapling device for the anastomosis of blood vessels
J. Thor. Cardiovasc. Surg. , I960, 40 : 673.

92 - TROUPP H., RINNE T.-

Méthyl-2-cyanoacrylate (Eastman 9IO) in experimental vascular surgery with a note on experimental arterial aneurysms.
J. Neurosurg., I964, 2I : I067.

93 - TUFFIER.-

A propos des plaies des artères
Bull. Soc. Chir. Paris, I9I7, 43 : I469

94 - URSCHELL H.C., ROTH E.J.-

Small arterial anastomoses
I . Non sutre
Ann. Surg. , I96I, I53 : 6II

II. Suture
Ann. Surg., I96I, I53 : 6II

95 - VOGELFANGER I.J., BEATTLE W.G.-

A concept of automation in vascular surgery : a preliminary report on a mechanical instrument for arterial anastomosis.
Canad. J. Surg., I958, 1 : 262

96 - VOGELFANGER I.J., BEATTLE W.G., BROWN F.N., DEVITT J.E., SCOBIE T.K., SCOBIE D.H.-

The problem of small vessel anastomosis
Surgery, I962, 52 : 354.

97 - WELCH K.-

Excision of occlusive lesions of the middle cerebral artery.
J. Neurosurg., I956, 13 : 73.

98 - WELCH K., STEPHENS J., HUBER W., INGERSOLL C.-

The collatéral circulation following middle cerebral branch occlusion.
J. Neurosurg., I955,12 : 36I

99 - WHITE J.C., SAYRE G.P., WHISNANT J.P.-

Experimental destruction of the media for the production of intracranial arterial aneurysms.
J. Neurosurg., I96I, I8 : 74I

100 - WILSON G., RIGGS H.E., RUPP C.-

The pathologic anatomy of ruptured cerebral aneurysms.
J. Neurosurg. , I954, 11 : 128

101 - YASHON D., JANE J.A., GORDON M.C., HUBBARD J.L., SUGAR O.-

Effects of methyl 2-cyanoacrylate adhesives on the somatic vessels and the central nervous system of animals.
J. Neurosurg, I966, 24 : 883.

102 - ZINGG W., KHODADAD M.-

Vascular anastomosis. Sutures, staples or glue ?
Canad. Med. Ass. J., I964, 9I : 79I

103 - ZWAVELING A. (cité par KHODADAD)

Anastomoses in small caliber arteries.
Archvm. Chir. Neerl. , I963, 15,237

104 - Symposium international sur la circulation cérébrale
Ed. Sandoz, I965, Paris.

2e PARTIE : chapitre IV

105 - ADAMS J.E., WYLIE E.J.-

Value of hypothermia and arterial occlusion in the treatment of intracranial aneurysms.
Surg. Gynec. Obstet. I959, I08 : 63I.

106 - ALEXANDER E., DAVIS C.H., KESTER N.N.-

Intracranial aneurysms. Method of treatment. Value of hypothermia in the surgical approach.
A.M.A. Arch. Neurol. Psychiat., I959, 8I : 684

107 - ALMOND C.H., JONES J.C., SNYDER H.M., GRANT S.M., MEYER B.W.-

Cooling gradients and brain damage with deep hypothermia
J. Thor. Cardiovasc. Surg., I964, 48 : 890

08 -ARFEL G., WEISS J.-

Electro-encéphalogramme en hypothermie profonde.
Ann. Chir. Thor. Cardiovasc. , I962, I : 666

109 - BOTTERELL E.H., LOUGHEED W.M., MORLEY T.P., VANDEWATER S.L.-

Hypothermia in the surgical treatment of ruptured intracranial aneurysms.
J. Neurosurg., I958, I5 : 4.

110 - BOTTERELL E.H., LOUGHEED W.M., SCOTT J.W., VANDEWATER S.L.-

Hypothermia and interruption of carotid or carotid and vertébral circulation in the surgical management of intracrânial aneurysms.
J. Neurosurg., I956, I3 : 1.

111 - BUSINE J.P.-

L'arrêt circulatoire sous hypothermie profonde induite par CEC dans le traitement des anévrysmes intra-crâniens.
Thèse Nancy I963.

112 - CHALNOT P., LEPOIRE J. et coll.-

L'arrêt circulatoire sous hypothermie profonde et circulatoire extra-corporelle dans le traitement des anévrysmes intracrâniens.
Neurochir. , I963, 9 : 129.

113 - CONOLLY J.E., BOYD R.J., CALVIN J.W.-

The protective effect of hypothermia in cerebral ischemia : experimental and clinical application by selective brain cooling in the human.
Surgery, I962, 52 : 15.

114 - COSTAL M., OWENS G., WOLDRING S. and coll.

Experimental production of cérébral hypothermia by ventricular perfusion techniques
J. Neursurg. I963, 20 : 112.

115 - DAVID M., CAHN J.-

Hypothermie profonde et cerveau.
Ann. Chir. Thor. Cardiovasc. , I962, 1 : 69I

116 - DONDEY M. , REY L., LE BEAU J.-

Présentation d'un instrument permettant le refroidissement contrôlé des structures cérébrales superficielles.
Rev. Neurol. , I960, 3 : 220.

117 - DRAKE C.G., BARR H.W.K., COLES J.C., GEORGELY N.F.-

The use of extracorporeal circulation and profound hypothermia in the treatment of ruptured intracrnaial aneurysm.
J. Neurosurg., I964, 2I : 575.

118 - DREW C.-

Profound hypothermia in cardiac surgery
Brit. Med. Bull., I96I, I7 : 37

119 - DUBOST Ch., BLONDEAU Ph., PIWNICA A.-

Circulation extracorporelle en hypothermie profonde avec arrêt circulatoire total de longue durée.
Ann. Chir. Thor. Cardiovasc., I962, I : 440.

120 - DUBOST Ch., BLONDEAU Ph., WEISS M., LENFANT Cl., PIWNICA A., LAURENT D., SPROVIERI L.-

L'association du coeur-poumon artificiel et de l'hypothermie profonde dans la chirurgie à coeur ouvert.
Mém. Acad. Chir., I960, 86 : I46.

121 - FASANO V.A., BAGGIO G.F., LOMBARD G.F., URCIOLI R., MARGAGLIA F.-

Hypothermie cérébrale sélective par refroidissement direct des structures nerveuses centrales.
Neurochirugie, I962, I : 36

122 - FAY T.-

Early experiences with local and generalized refrigeration of the human brain.
J. Neurosurg., I959, I6 :239

123 - FOLTZ E.L., FREDERICKSON E.L.-

Veno venous shunt for rapid hypothermia
J. Neurosurg., I960, I7 : 6I8

124 - GIAJA J.-

Sur la physiologie de l'organisme refroidi
Presse Med., I953, 6I : 128

125 - GOLLAN F., HAMILTON E.C., MENEELY G.R.-

Consecutive survival of open chest hypothermic dogs after prolonged bypass of heart and lungs by means of a pump oxygenator
Surgery, I954, 35 : 88.

126 - GUIOT G.-

Application aux lésions cérébrales des méthodes d'arrêt circulatoire abec réfrigération profonde.
Ann. Chir. Thor. Cardiovasc. , I962, I : 8I2.

127 - GUIOT G., PIWNICA A., VOURC'H G., WEISS M., ARFEL G., ANQUEZ L., REY A., DJINDJIAN R.-

Anévrysme carotido-caverneux operé sous hypothermie profonde avec arrêt circulatoire.
Mém. Acad. Chir., I966, 92 : 224

128 - GUIOT G., ROUGERIE J., ARFEL G., DUBOST Ch., BLONDEAU Ph.-

Le "grand froid" en neurochirurgie. Possibilités et perspectives d'avenir.
Neurochir., I960, 6 : 332.

129 - HALE D.E., COLLIS J.S., KING M.K.-

Intracranial surgery with and without hypothermia
Surgery , I962, 52 : 338

130 - HAMBY W.-

Intracranial surgery for aneurysms. Effect of hypothermia upon survival
J. Neurosurg. , I963 : 20, 4I

131 - HOUSEPIAN E.M., BOWMAN F.O., jr., GISSEN A.-

Elective circulatory arrest in tracranial surgery. Successful treatment of an aneurysm of the basilar artery with a method of open chest circulatory arrest.
J. Neurosurg., I957, 26 : 594.

132 - JACOBSON I., LAWSON D.D.-

The effect of hyperbaric oxygen on experimental cerebral infarction in the dog.
J. Neurosurg., I963, 20 : 849.

133 - JUVENELLE A., LIND J., WEGELIUS G.-

Quelques possibilités offertes par l'hypothermie profonde provoquée.
Presse Méd., I952, 60 : 973.

134 - KABAT H., DENNIS C., BAKER A.B.-

Recovery of function following arrest of the brain circulation
Amer. J. Physiol., I94I, 132 : 737.

135 - KARLSBERG P., ADAMS J.E.-

Value of hypothermia and artériel occlusion in the treatment of intracranial aneurysm.
J. Neurosurg., I962, I9 : 665

136 - KRISTIANSEN K.-

Physiopathology, methods and clinical résulta of selective brain cooling.
Acta Neurochir., I964, suppl. I3

137 - LABORIT H., HUGUENARD P.-

Hibernation artificielle par moyens pharmacodynamiques et physiques.
Presse Med., I957, 65 : 8I.

138 - LAINE E.-

L'hypothermie en neuro-chirurgie
Ed. Masson et cie I963, Paris

139 - LAUFMAN H.-

Profound accidental hypothermia.
J. Amer. Med. Ass., I95I, I47 : 120I

140 - LAZORTHES G., CAMPAN L.-

Moderate hypothermia in craniocerebral trauma
Acta Neurochir., I964, suppl. I3

141 - LE BEAU J.-

Anévrysmes de l'artère communicante antérieure, ruptures et indications neuro-chirurgicales.
Neurochirurgia, I62, 5 : 38.

142 - LEPOIRE J.-

L'hypothermie en neuro-chirurgie
Ed. Masson et Cie, I963, Paris, p. 36

143 - LEPOIRE J.-

Communication personnelle

144 - Mc. CARTHY S.C., MICHENFELDER J.D., WIHLEIM A.-

Treatment of intracranial vascular disorders with the aid of profound hypothermia ans total circulatory arrest. Three years' experience.
J. Neurosurg., I964, 2I : 372.

145 - Mc KISSOCK W., TAYLOR J.C.-

A comparison of supratentorial intracranial meningiomas operated upon with and without induced hypothermie.
Brit. J. Surg., I960, 48 : I55.

146 - MALMEJAC J., NEVERRE G., PLANE P., MONTERO M., MALMEJAC Cl.

Etude expérimentale sur les possibilités d'intervention intra-cardiaque sous rythme ventriculaire ralenti en hypothermie provoquée.
Presse Méd., I956, 64 : 2071.

147 - MASPES P.E., HUGUES B.-

Hypothermia in neurosurgery
(Symposium 2nd European Congress of Neurosurgery - Rome I963)
Acta Neurochir., I964, suppl. I3.

148 - MASPES P.E., MAROSSERO F., MARINI G.-

Moderate hypothermia in neurosurgical opérations. Indications and results.
Acta Neurochir., I964, suppl. 13.

149 - MICHENFELDER J.D., TERRY H.R. Jr., DAW E.F., Mac CARTY C.S., UIHLEIN A.-

Profound hypothermia in neurosurgery : open chest versus chest techniques.
Anesthésiology, I963, 24 : I77

150 - NEGRIN J. Jr, KLAUBER L.D.-

Direct regional hypothermia of the central nervous system. A preliminary report of a pilot project on exprimental hypothermia.
A.M.A. Arch. Neurol. , I960, 3 : I00

15I - OMMAYA A.K.-, BALDWIN M.-

Extravascular local cooling of the brain in man.
J. Neurosurg., I963, 20 : 8

152 - PARKINS W.M. , JENSEN J.M., VARS H.M.-

Brain cooling in the prevention of brain damage during periods of circulatory occlusion in dogs.
Ann. Surg., I954, I40 : 284.

153 - PATTERSON R.H. Jr, RAY B.S.-

Profound hypothermia for intracranial surgery, Laboratory and clinical experiences with extracorporeal circulation by peripheral cannulation.
Ann. Surg., I962, I56 : 377.

154 - PEIRCE E.C., POLLEY V.B.-

Differential hypothermia for intracardiac surgery ; preliminary report of a pump oxygenator incorporating a heat exchanger.
A.M.A. Arch. Surg., I953, 67 : 52I.

155 - PICARD L.-

Aspects neuropsychiatriques de la chirurgie à coeur ouvert.
Doin Editeur, I966.

156 - POOL J.L.-

Timing and techniques in the intracranial surgery of ruptured aneurysms of the anterior communicating artery
J. Neurosurg., I962, I9 : 378.

157 - BABY C.-

Communication personnelle.

158 - ROSOMOFF H.L.-

Experimental interruption of the middle cerebral artery during hypothermia.
J. Neurosurg, I956, I3 : 244.

159 - ROSOMOFF H.L.-

Experimental middle cerebral artery interruption followed by induction of hypothermia
A.M.A. Arch. neurol. Psychiat., I957, 78 : 454.

160 - ROSOMOFF H.L.-

Experimental brain injury during hypothermia
J. Neurosurg., I959, I6 : I77

161 - ROSOMOFF H.L.-

Effect of hypothermia and hypertonie urea on distribution of intra-cranial contents.
J. Neurosurg., I96I, I8 : 753

162 - ROSOMOFF H.L.-

Pathophysiology of the central nervous system during hypothermia.
Acta Neurochir., I964, suppl. I3.

163 - ROSOMOFF H.L., HOLADAY D.A.-

Cerebral blood flow and cerebral oxygen consumption during hypothermia.
Amer. J. Physiol., I954, I79 : 85

164 - SEALY W.C., BROWN I.W., YOUNG W.G.-

A report on the use of both extracorporeal circulation and hypothermia for the open heart surgery.
Ann. Surg., I958, I47 : 603.

165 - SERVELLE M., ROUGEULLE J., PERROT H., CORNU C., CARA M., DELAHAYE C., MONTAGNE J., CABROL A.-

Circulation extracorporelle associée à l'hypothermie ou méthode de Sealy. Premiers résultats personnels.
Ann. Chir., I960, 2I-22

166 - SMALL J.M., STEPHENSON S.C.-

Circulatory arrest in neurosurgery
Lancet, I966, I, 569

167 - SMALL J.M., STEVENSON S.C., CAMPKIN T.V., DAVIDSON P.H., Mc ILLŒEN D.J.S.

Elective circulatory arrest by artificial pace-maker.
Lancet, I966, I : 570

168 -SMITH MC, ADAMS J.F., PEARSON N.D.-

Profound hypothermia without extracorporeal circulation
J. Neurosurg. I966, 24 : 86

169 - THEVENET A.-

Chirurgie à coeur ouvert sous hypothermie profonde
Thèse Montpellier, I960. Cause, Graille, Castelnan : 2diteurs.

170 - TOKUOKA S., AOKI H., HIGASHI K., TATEBAYASHI K.-

Cooling irrigation of the cerebral ventricular system.
Excerpta Med., I96I, 36 : I48

171 - WERTHEIMER P.-

L'hypothermie en neurochirurgie
Ed. Masson et Cie , I963, Paris.

172 - WERTHEIMER P., DE ROUGEMONT J., DESCOTES J., GEROGES P., GUERIN M.-

Données expérimentales relatives à l'hypothermie profonde sélective du cerveau.
Lyon Chir. , I96I, 2 : 222.

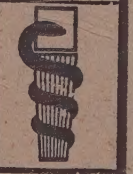
173 - WHITE R.J., ALBIN M.S., VERDURA J., LOCKE G.E.-

Differential extracorporeal hypothermic perfusion of and circulatory arrest to the humain brain.
Med. Res. Engng, I967, 2 : I8

174 - WOODHALL B., SEALY W.C., HALL H.D., FLOYD W.L.-

Craniotomy under conditions of quinidine protected cardioplegia and profound hypothermia
Ann. Surg., I960, I52 : 37.

oOo

agemp

EDITIONS
40 R. Pascal
PARIS 13e
TELEPHONE
535 : 18 - 93
535 : 18 - 62